Aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin
der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. Walter Krauland

VERLAUFSUNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ALKOHOL-BEDINGTEN LEISTUNGSABFALL IN EINEM BEREICH VON 0,5 - 1,15 ‰ MIT EINEM FAHRSIMULATOR

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den
Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Manfred Heppner
aus Kattowitz

1971

Aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin
der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. Walter Krauland

VERLAUFSUNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ALKOHOLBEDINGTEN LEISTUNGSABFALL IN EINEM BEREICH VON 0,5 - 1,15 ‰ MIT EINEM FAHRSIMULATOR

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Manfred Heppner
aus Kattowitz

Referent: Professor Dr. med. Walter Krauland

Korreferent: Professor Dr. med. Dr. rer. nat. Günter Fuchs

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 6. Mai 1971

Inhaltsübersicht

	Seite
Einleitung	1 - 8
Methode	9 - 13
Analyse der gestellten Aufgabe	14 - 17
Versuchsanordnung	18 - 22
Auswertung und Ergebnisse	23 - 39
Diskussion	40 - 62
Zusammenfassung	63 - 65
Tabellen	66 - 72
Abbildungen	73 - 101
Literaturverzeichnis	102 - 108

EINLEITUNG

Zur Überprüfung alkoholbedingter Leistungsausfälle kann man grundsätzlich drei verschiedene Wege beschreiten:

1.) Überprüfung von Einzelleistungen
    a) einfache Einzelleistungen
    b) zusammengesetzte Einzelleistungen

2.) Überprüfung komplexer Leistungen

3.) Fahrversuche
    a) Fahrversuche am Steuer eines Wagens
    b) Modellfahrversuche

Es fehlt nicht an zusammenfassenden Darstellungen; so haben ELBEL und GERCHOW im Gutachten des Bundesgesundheitsamtes zur Frage "Alkohol bei Verkehrsstraftaten" (1966) eine Übersicht über die experimentellen Untersuchungen gegeben, und zwar über die sinnesphysiologisch Seite (ELBEL) und die psychologische Seite (GERCHOW). Ihre Zusammenfassung gipfelt in der Feststellung, daß ein Blutalkoholwert von 0,8 - 1,0 %odas höchste ist, was im Interesse der allgemeinen Verkehrssicherheit noch zu vertreten ist.

GERCHOW weist darauf hin, daß es nicht auf Einzelleistungen ankommt; denn je einfacher die geforderte Leistung, desto größer auch die Möglichkeit der Kompensation. Schon bei gleichzeitiger Prüfung von nur zwei Einzelleistungen kann unter Alkohol die eine meist nur auf Kosten der anderen verbessert werden. Mit der Komplexität der Aufgabe sinkt die Schädigungsschwelle und steigt der

Schädigungsgrad. Leistungssteigerungen, wie sie bei der Prüfung von Einzelleistungen vorkommen können, sind umso unwahrscheinlicher, je komplexer die Aufgabe.

Der größte Teil der Arbeiten beschäftigt sich mit der Prüfung von Einzelleistungen, während die Zahl der Arbeiten mit Modellversuchen und echten Fahrversuchen nicht so groß ist. Eine Zusammenstellung dieser Arbeiten ist bei ELBEL zu finden. Bei der Fragestellung ist es angezeigt, auf echte Fahrversuche und Modellfahrversuche näher einzugehen.

Bei den echten Fahrversuchen wurden von HEISE und HALPORN (1932) und ELBEL u.a. (1953) in Versuchen mit Kraftfahrzeugen sowie von BAUER (1938) und HUBER (1955) mit Krafträdern Versuchsstrecken vorgeschrieben, die mit Hindernissen verschiedener Art bestückt waren und von den Probanden nach eigenem Ermessen unter Erfüllung verschiedener Sonderaufgaben zu befahren waren. Davon abweichend untersuchten BJERVER und GOLDBERG (1950), BORKENSTEIN (1956) und COLDWELL u.a. (1958) eher besondere Fahraufgaben wie Ein- und Ausfahren aus einer Garage, Rückwärtsfahren und Wenden.

Die erwähnten Fahrversuche erstrecken sich auf beschränkte Fahrstrecke und Zeit. Streng genommen handelt es sich bei diesen Versuchen fast durchweg um Geschicklichkeitstests, die zwar wichtige Anhaltspunkte über die Beeinflussung einzelner Leistungen durch die Alkoholisierung ermöglichen, aber über die tatsächliche Konfrontation des alkoholisierten Fahrers mit den Zufällen und Schwierigkeiten des Straßenverkehrs keine Auskunft geben. Dies trifft auch für die Fahrversuche ABELEs (1958) zu, die zu den umfangreichsten gehören, die in ähnlichem Zusammenhang durchgeführt worden sind.

Die Versuche von COHEN u.a. (1958), in denen eine erhöhte Gefährlichkeit unter Alkohol nachgewiesen wird, sind ihrem Charakter nach psychologische Experimente. Ähnlich starke Unterschiede in Methodik und Durchführung wie bei den echten Fahrversuchen bestehen auch in den Arbeiten mit Modellfahrgeräten. VERNON (1936) benutzte die Nachbildung eines Autos mit üblicher Lenkrad- und Pedalenanordnung. Es war auf einer "Straße" zu fahren, die als Film auf eine vor dem Auto angebrachte Leinwand projiziert wurde. NEWMAN und FLETCHER (1940) hatten ein sich vor der Kühlerhaube hin und her bewegendes Straßenfoto, dem nachgefahren werden mußte. Auf Lichtzeichen hin mußte gebremst werden. STRAUB (1933) kombinierte Modellfahrversuche am Zweihandkurbelgerät ebenfalls mit Reaktionsmessungen auf Lichtreize. Die Versuchsanordnungen von GRAF (1932), LOOMIS und WEST (1958) sowie DREW, COLQUHOUN und LONG (1958) werden in der Diskussion näher behandelt. Die Kontrolle der Alkoholwirkung erfolgte sowohl bei den echten wie den Modellfahrversuchen durch sorgfältige Aufzeichnung derjenigen Faktoren, deren Gesamtheit man mit Fahrausführung bezeichnen kann. Weit unter einer BAK von 1 %otraten Veränderungen dieser Faktoren im Sinne einer Verschlechterung der Fahrausführung ein, wie fehlerhaftes Kuppeln und Schalten, abruptes Bremsen, übermäßiges Gasgeben, zu geringe oder zu hohe Fahrgeschwindigkeit, Veränderungen der Lenkbewegung; Fahrfehler wie Abkommen von der Fahrbahn und Umstoßen von Hindernissen und Verlängerung der zur Ausführung bestimmter Aufgaben benötigten Zeit. Der Grad der Alkoholwirkung ergab sich durch Vergleich der Alkohol-Leistungswerte mit Nüchternwerten, die entweder von einem Nüchternkontrollkollektiv oder von Nüchternfahrten der alkoholisierten Vpn stammten.

Die echten Fahrversuche haben gegenüber den Modellfahrversuchen den Vorteil, besonders wirklichkeitsnah zu sein, da sie einen großen Teil der für die Fahrleistung wichtigen Umweltfaktoren enthalten. Andererseits ist diese Tatsache von Nachteil, da die Umweltfaktoren wechseln können und damit neben der Alkoholwirkung unbekannte, nicht meßbare Größen in die Ergebnisse eingehen und dadurch den Vergleich erschweren. In den wesentlich wirklichkeitsfremderen Modellfahrversuchen läuft dagegen ein Programm ab, das unveränderlich und beliebig oft reproduzierbar ist, was besonders für Verlaufsuntersuchungen von Bedeutung ist. Möglicherweise ist in Modellfahrversuchen mit festem Programm auch weniger Raum für bewußte Verhaltensänderungen, so daß die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Phasen der Alkoholwirkung begünstigt wird.

Echte Fahrversuche und Modellfahrversuche lassen nur beschränkte Schlüsse auf die Wirklichkeit zu, weil 1. die Versuche in ihrem Aufbau letztlich doch zu wirklichkeitsfremd sind, 2. frei von Gefahren sind, 3. viele der charakteristischen Motive der realen Lebenssituation fehlen, 4. ausgewählte Versuchspersonen teilnehmen mit ausgeprägter Leistungsbereitschaft.

Die dargestellten methodischen Unterschiede und die Auswahl der Vpn sind Ursachen für die mangelnde Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Arbeiten. Eine weitere Ursache liegt in der Schwierigkeit, vergleichbare Alkoholkonzentrationen zu erfassen. Dieses Problem wird dann relevant, wenn man versucht, die Ergebnisse im Hinblick auf die Alkoholwirkung zu analysieren. Unterschiede und Unwägbarkeiten ergeben sich durch die auf Grund verschiedener Trinkmengen und Getränke variierenden Blutalkoholkonzentrationen und unterschied-

liche Alkoholbestimmungsmethoden. Jeder, der mit der Alkoholphysiologie vertraut ist, weiß um die starken Unterschiede, die sich daraus ergeben können.

Bei Zugrundelegung dieser Gesichtspunkte lassen sich die vorhandenen Arbeiten in drei Gruppen gliedern:

1. Arbeiten, die nur die verabreichte Alkoholmenge und -form angeben wie VERNON (32 ccm Alkohol als Whisky),

2. Arbeiten, die darüber hinaus auch die BAK-Werte angeben, ohne jedoch näher auf die Bestimmungsmethode einzugehen, wie HEISE u.a. (150 ccm Whisky; 1 ‰ BAK wird nicht überschritten), ELBEL u.a. (160-170 g Alkohol in Form von Moselwein oder Cognac mit Bier; BAK bis 2 ‰), BAUER (9,5 %iger Frankenwein pro Körpergewicht; BAK-Bereich von 0,62-0,92 ‰),HUBER (10 %iger Frankenwein pro Körpergewicht; BAK-Bereich 0,36-1,52 ‰),STRAUB (29-155g Alkohol als Wein, Bier oder Weinbrand; BAK von 0,06-1,67 ‰) und ABELE (Weinbrand, BAK von 0,15-1,7 ‰),

3. Arbeiten, in denen auch die Bestimmungsmethoden näher bezeichnet sind, wie GRAF (40 u. 80 g Alkohol als 30 %ige Lösung; BAK-Maxima von 0,5 und 1,3 ‰; Widmark-Methode), Newman u. FLETCHER (1 ccm Alkohol pro kg Körpergewicht als Wihsky; BAK zwischen 0,6 und 1,25 ‰; eine Kaliumbichromatmethode), BJERVER u. GOLDBERG (1 oder 1,3 l Bier sowie 100 oder 130 ccm schwed. Branntwein; BAK von 0,6-1,29 ‰; Widmark-Methode), COLDWELL u.a. Rum, Whisky oder Gin 2 Fl. oz. pro 50 lb Körpergewicht; BAK von 0,36-1,7 ‰; Atemproben mit Breathalyzer Borkenstein, Blut- und Urinproben nach "Smith's modified Widmark procedure"), LOOMIS u.a. (Martini-Manhattan-Mix, Bourbon Whisky entsprechend Alkoholdosen von 50, 75-80, 90-100 und 115 ccm; BAK von 0,35-1,75 ‰; Macrodiffusion method, Titration technique of Hemingway et al.) und DREW u.a. (0,20 / 0,35 / 0,50 / 0,65 ccm Alkohol pro kg Körpergewicht als 20 %ige Lösung; mittlere max. BAKn der einzelnen Gruppen 0,23 / 0,37 / 0,57 / 0,77 ‰; Breathalyzer, Blut- und Urinproben nach "microanalytic modified Cavett method").

Ein zusätzlicher Unsicherheitsfaktor, der die Vergleichbarkeit der Arbeiten erschwert, liegt darin, daß der größte Teil der Arbeiten mit echten und Modellfahrver-

suchen bei der BAK-Bestimmung den Zeitfaktor nicht ausreichend berücksichtigt.

> Seit langem (MELLANBY (1919), MILES (1924), TUOVINEN (1938) besteht die Vermutung, daß die Alkoholwirkung in der frühen Phase bei gleicher BAK stärker ist als in der späten. Verlaufsuntersuchungen mit Einzel- und komplexeren Tests, so ELBEL (1937), DANGER (1938), PETER (1939) und BSCHOR (1951) mit dem Ringtest, SCHELB (1939) mit dem Reaktionsprüffeld nach GIESE, GOLDBERG (1943) mit einer Vielzahl von Testmethoden, HJELT u. ALHA (1956) mit Stenotest, RAUSCHKE (1954) mit Ring- und Wahltest, GRÜNER (1955) mit dem Bourdon-Test, GERCHOW u. WITTLICH (1960) mit einem graphologischen Test, also Tests, die wegen des relativ geringen Zeitaufwandes leicht durchzuführen sind, ergaben hinsichtlich der Beziehung zwischen Schädigungsverlauf und Blutalkoholkurve unterschiedliche Ergebnisse. Statistische Untersuchungen von ALHA (1956), HEMPEL (1958), GERCHOW u. SACHS (1960) sprechen für einen stärkeren Beeinflussungsgrad während des ansteigenden Blutalkohols.

Verlaufsuntersuchungen mit echten Fahrversuchen führte bisher nur ABELE (s.o.) durch. Er konnte jedoch keine phasenabhängigen Unterschiede feststellen. Entsprechende Untersuchungen mit Modellfahrgeräten führten lediglich GRAF (s.o.) mit zwei Vpn, LOOMIS u.a. (s.o.) mit zehn Vpn und DREW u.a. (s.o.) mit vierzig Vpn durch, wobei die Arbeit von LOOMIS u.a. insofern aus dem Rahmen fällt, als hier nicht der Verlauf der Alkoholkurve auf Grund einer einmalig zugeführten Alkoholdosis kontrolliert wird, sondern durch mehrmalige Alkohol-Substitutionsdosen ein über längere Zeit konstanter Blutalkoholspiegel erreicht werden soll. Nach LOOMIS u.a. tritt in der späten Phase keine entscheidende Besserung der Leistung ein, und auch GRAF fand hohe Fehlerzahlen in der späten Phase, wenngleich anfangs die Schädigung schneller abzufallen schien

als die BAK. Die Untersuchungen von DREW u.a. sind zeitlich relativ kurz, scheinen aber in dem beobachteten Zeitraum eine Parallelität zwischen Schädigung und BAK zu ergeben. Verlaufsuntersuchungen mit echten Fahrversuchen und Modellfahrversuchen sind also nicht sehr zahlreich, teilweise nur mit wenigen Vpn durchgeführt worden und hinsichtlich Alkoholbestimmungsmethoden und Testmethoden stark differierend. Sie stimmen außerdem mit den Arbeiten von ELBEL, SCHELB, GOLDBERG, HJELT u. ALHA, BSCHOR, GRÜNER, GERCHOW u. WITTLICH nicht überein, die wie auch die erwähnten statistischen Arbeiten einen stärkeren Schädigungsgrad während des steigenden Blutalkohols nachweisen. Die Arbeiten von DANGER und PETER finden dagegen keine Unterschiede in der Schädigung, während der frühen und späten Alkoholisierungsphase, RAUSCHKE erhält sogar eine stärkere Schädigung während des fallenden Blutalkohols. Außerdem treten gerade bei langen Programmen neue Größen, wie Abnahme des Leistungswillens, Ermüdung bei Proband und Prüfer, aufgelockerte Atmosphäre mit der nicht seltenen Notwendigkeit der Einflußnahme durch den Versuchsleiter, auf, d.h. Größen, die nicht voraussehbar die Ergebnisse beeinträchtigen und somit gerade bei Verlaufsuntersuchungen den Unsicherheitsfaktor noch zusätzlich vergrößern.

Angesichts dieser Tatsachen und da die Bedingungen der einzelnen Fahrversuche (echte und Modellversuche) untereinander, wie ausgeführt, schlecht vergleichbar sind und daher auf eine Reihe wesentlicher Fragen nur eine beschränkte Antwort geben, war es angezeigt, unter standartisierten Bedingungen mit einer für eine statistische Bewertung ausreichenden Zahl von Probanden bei exakter Überprüfung der Blutalkoholkurve Versuche über die Schädi-

gung der komplexen Fahrleistung im ansteigenden und abfallenden Schenkel der Alkoholisierungsperiode zu überprüfen. Aus den oben geschilderten Gründen waren einheitliche Bedingungen und geringere versuchstechnische Schwierigkeiten von einem Modellfahrgerät zu erwarten. Deshalb wurde für das Vorhaben ein Fahrsimulator benutzt, der am Institut für Kraftfahrzeuge der Technischen Universität Berlin (Direktor Prof. Dr. Ernst FIALA) entwickelt und bereits in anderem Zusammenhang erprobt worden war (LEHNHARDT).

Methode

Für die experimentellen Untersuchungen stand ein Modellfahrgerät zur Verfügung, das im Institut für Kraftfahrzeuge der Technischen Universität Berlin entwickelt wurde. Es war in der Kraftfahrzeughalle des Institutes aufgebaut, wo daher auch die Versuche stattfanden.

Fahrersitz nebst Fahr- und Lenkeinrichtungen waren in einer Kabine (Abb. 1) untergebracht, die durch eine Tür links vom Fahrersitz (Fs) betreten werden konnte und den Fahrer von der Umwelt abschirmte.Mittels einer elektrisch betriebenen Pumpe gelangte stets Frischluft durch ein Rohrsystem von draußen in die Kabine.Gleichzeitig zog die verbrauchte Luft durch eine Öffnung (Öf) an der Kabinendecke ab. Da die Versuche in die Sommermonate fielen, schien es im Interesse konstanter Versuchsbedingungen ratsam, die großen Temperaturunterschiede zwischen Versuchsbeginn am Morgen und Versuchsende am Nachmittag auszugleichen. Der Einbau einer Klimaanlage (Kl) sorgte für eine gleic mäßige, angenehme Temperatur während der gesamten Versuchszeit. Als Nachteil wurde jedoch der von dem Motor der Kühlanlage hervorgerufene Lärm empfunden.

Der Fahrsimulator, dessen prinzipieller Aufbau aus Abb. 2 zu ersehen ist, stellte einen Regelkreis dar, in dem die Versuchsperson die Aufgabe eines Reglers hatte. Die Genauigkeit, mit der die Regelaufgabe ausgeführt wurde, konnte als Maß für die Leistungsfähigkeit im Rahmen der vorliegenden Aufgabe aufgefaßt werden.

Der Proband saß auf einem Fahrersitz und bediente Lenkrad (Le) und Gaspedal (Ga). So wie beim Fahren mit einem richtigen Kraftfahrzeug die Bewegung des Lenkrades

eine Spurabweichung (Abweichung vom Leitstreifen) verursacht, erzeugte bei unserem Modell die Lenkradbewegung eine Veränderung der Mittellage des Zeigers (Ze) eines großen Sichtgerätes (Abb. 4/Si). Das Sichtgerät war Teil eines Drehspulinstrumentes. Der Zeiger symbolisierte den Leitstreifen einer Straße, auf dem es zu fahren galt. Seine Bewegungen wurden als Spurabweichung Δ (Delta) bezeichnet und entstanden dadurch, daß ein Analogrechner (Abb. 2/ einfaches analoges Fahrzeugmodell) die Bewegungen des Lenkrades, die Lenkradwinkel λ (Lambda) genannt wurden, durch einmaliges Integrieren errechnete. Ein Ausschlag des Zeigers entsprach einer Winkelbildung zwischen Autolängsachse und Leitstreifen, der bei einfacher Geradeausfahrt gleich Null ist.

Um die Lenkarbeit zu erschweren und für die Versuchsperson abwechslungsreicher zu gestalten, wurde in den Regelkreis eine Störgröße (Abb. 2) gegeben, die der Vp als Abweichung des Zeigers nach links oder rechts von der senkrechten Normallage erschien. Die einzelnen Störungen simulierten Seitenwindstöße von links und rechts auf ein fahrendes Fahrzeug. Ihr elektrotechnisches Substrat bestand darin, daß dem analogen Fahrzeugmodell außer der Lenkwinkelspannung noch eine Störspannung der Form $U_{St} \approx S_{(t)} \cdot v$ zugeführt wurde. S_t war eine Schaltfunktion, die quasi stochastisch die drei Werte +1 , -1 und 0 annahm. Diese Schaltfunktion wurde durch einen Schalter (Sc) mit drei möglichen Positionen erzeugt, indem er das Randprofil einer rotierenden Nockenscheibe (Abb. 3/No) abtastete. Die Periode von S_t betrug eine Minute, da die Nockenscheibe diese Zeit für eine Umdrehung benötigte. Die Störungen entsprachen den Einkerbungen des Randprofils. Wie man sieht (Abb. 3),war die Störgröße be-

reichsweise konstant,und ihre 22 Einzelstörungen (Umschaltungen) pro Minute folgten in wechselnden Abständen aufeinander.

Auf Grund des beschriebenen Schaltprinzips gingen die Zeigerausschläge in folgende Richtungen (Abb. 3/ vom Tastarm des Schalters nach links): L,r,r,l,r,l,l,r,r,l,l, R,l,l,r,l,r,r,l,l,r,r (l= links; r= rechts). L und R sind zwei besonders große Ausschläge, die pro Min. auftraten. Wie man sieht, gingen nie mehr als zwei Ausschläge in einer Richtung, so daß eine gewisse Vorausschau möglich war.

Wie aus der oben angegebenen Proportionalitätsbeziehung hervorgeht, war die Amplitude der Störspannung der Fahrgeschwindigkeit v proportional, so daß die Stärke der Zeigerausschläge des Sichtgerätes mit der Geschwindigkeit wuchs und damit auch der Schwierigkeitsgrad der zu lösenden Aufgabe. Es sei an dieser Stelle betont, daß die Frequenz der Störimpulse (22 p.Min.) im Gegensatz zu ihrer Stärke unabhängig von der Geschwindigkeit konstant blieb.

Mit einem Gaspedal hatte die Vp die Möglichkeit, die Geschwindigkeit frei zu wählen. Ein Drehspulinstrument diente als Tachometer (Ta), wodurch die Geschwindigkeit jederzeit kontrollierbar war. Außerdem erhielt der Proband eine akustische Information über einen Lautsprecher, der ein Fahrgeräusch von geschwindigkeitsproportionaler Frequenz applizierte.

Das Sichtgerät lieferte dem Fahrer die notwendigen Informationen über die Störgröße und die Wirkung der Lenkregulation an Hand der Zeigerausschläge. Links und

rechts von der vertikalen Ruhelage des Zeigers waren auf dem Sichtgerät je ein Begrenzungsstreifen (Bs) befestigt. Eine Photozelle (Pz) erlaubte es, die Bewegungen des Zeigers derartig abzutasten, daß ein seitliches Überschreiten der Begrenzungsmarken durch einen elektromagnetischen Hubzähler (Hz) als Fahrfehler registriert wurde. Ein Fahrfehler war als Überschreitung fest vorgegebener Grenzwerte ($\pm\Delta$ max.) der bereits beschriebenen Spurabweichung definiert.

Spurabweichung Δ und Lenkradbewegung λ wurden nicht direkt, sondern von einem 12-Kanal Punktschreiber (Philips) als Effektivwerte Δ eff und λ eff registriert. Eine Aufschlüsselung der Lenkradbewegung nach Anzahl und Größe war aus diesem Grunde nicht möglich. Die allgemeine mathematische Formel für den Effektivwert lautet:

$$x_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T x_{(t)}^2 \cdot dt}$$

T ist hierbei die Zeit, über der die quadratische Mittlung erfolgt. Der Effektivwert wurde in Form einer aus Punkten und Kreuzen gebildeten Kurve (Abb. 6) auf einem Papierstreifen, der sich mit 0,5 cm p. Min. weiter bewegte, aufgezeichnet. Ihre Schwankungen resultierten daraus, daß bei einer Zeit T von 40 Sek. nicht alle Einflußgrößen gleichmäßig in den Effektivwert eingehen können. Um an Stelle einer Kurve einen Zahlenwert zu erhalten, der etwa einem 10 minütigem Test repräsentierte, mußte aus dem Effektivwert ein Mittelwert gebildet werden. Dies erfolgte durch Auszählung der Kästchen (Kä) unterhalb der Kurve mit nachfolgender Division der Summe mit der Zahl der Säulen (Sl). Die Mittelwerte wurden Δ S bzw. λ L genannt. Da als Lenkradbewegung nicht λ eff sondern λ^2 eff aufgezeichnet wurden, waren diese Mittelwerte noch zu radizieren. Häufig trat der Fall ein, daß

die Effektivwertkurve (Ek) einen sehr zackigen Verlauf hatte. Dann war es nötig, vor Auszählung der Kästchen aus der Effektivwertkurve durch Planimetrieren eine Mittelwertkurve zu bilden (Mk) und die Auszählung unterhalb dieser Kurve vorzunehmen (Abb. 6 a).

Es sei schon jetzt festgestellt, daß mit der Registrierung von Fahrfehlern und Spurabweichung im Grunde genommen die gleiche Leistung gemessen wurde, die sich ja im Ausmaß der Zeigerausschläge des Sichtgerätes zeigte.Mit den Fahrfehlern wurden die Leistungsveränderungen qualitativ und mit der Spurabweichung quantitativ erfaßt.Es war daher zu erwarten, daß beide Größen ähnliche Ergebnisse bringen würden.

Außer den drei beschriebenen Größen wurde als vierte der Fahrweg gemessen. Er wurde von einem mechanischen Zählwerk (Zw) angezeigt, das durch einen Meßmotor getrieben wurde, der eine fahrgeschwindigkeitsproportionale Spannung aufintegrierte. Der Zählwerkseinheit wurde willkürlich die Einheit WE (Wegeinheit) zugeordnet. Da sich die Einzeltestfahrten über die konstante Zeit von 10 Min. erstreckten, konnten die Wegeinheiten als direktes Maß für die Geschwindigkeitsleistung benutzt werden, die daher in WE pro 10 Min. angegeben wurde. Die Zeitnahme erfolgte mit einer Stoppuhr (St).

Für die Blutentnahmen wurden Vakuum-Venülen (Behringwerke) benutzt. Nach Desinfektion mit Sublimat wurden jeweils etwa sechs bis sieben ccm Blut aus der Cubitalvene entnommen. Der Blutalkoholnachweis erfolgte mit der ADH-Methode im Serum (2 Bestimmungen an einer Probe mittels eines Autoanalyzers). Die Blutalkoholbestimmungen wurden im Institut für gerichtliche und soziale Medizin

der Freien Universität Berlin vorgenommen.+)

Analyse der gestellten Aufgabe

Für die Versuchsanordnung waren im wesentlichen zwei Faktoren maßgeblich, der reine Trinkversuch samt Blutentnahme und die apparativen Gegebenheiten. Es galt, diese beiden Faktoren in einem sinnvollen Versuchsschema zu koordinieren. Um dieses Ziel zu erreichen, gingen der eigentlichen Versuchsserie Selbstversuche mit und ohne Alkohol voraus.

Es zeigte sich, daß das verwendete Versuchssystem eine starke Übungsfähigkeit aufwies, die zur Ansetzung recht langer Übungsperioden bis zur Erreichung eines gewissen Übungsplateaus vor Durchführung des Hauptversuches zwang. Demnach mußte jede Versuchsperson sechs bis acht Stunden verteilt über drei Tage am Fahrgerät üben. Diese Übungszeit gewährleistete, daß innerhalb eines Hauptversuches kein Übungszuwachs mehr eintrat, was als unabdingbare Voraussetzung für die Vergleichbarkeit von Ergebnissen der frühen und späten Alkoholwirkung zu fordern war.

Nach Erreichung des Übungsplateaus waren die Vpn im allgemeinen in der Lage, bei einer Geschwindigkeit von 3 500 WE pro 10 Min. nicht mehr als 20 Fahrfehler zu

+) An dieser Stelle sei den Damen des Labors Fr. Hepke, Fr. Dr. Mannesmann und Fr. Pawils für die Durchführung der Blutalkoholbestimmungen sehr herzlich gedankt.

machen, während anfangs bei 2 200 WE pro 10 Min. nicht selten bis 150 Fahrfehler verursacht wurden. Die Verbesserung der Leistung ging auch einher mit einer starken Verringerung der Lenkradbewegung, die schließlich auch ein Plateau erreicht. Um leistungsunwillige Vp von vornherein zu eliminieren und das Übungsplateau mit Sicherheit zu erreichen, wurden den Probanden die erstgenannten beiden Größen vor Übungsbeginn als anzustrebende Mindestleistungsgrenze genannt. Je nach Geschicklichkeit wurde dieses Ziel früher oder später erreicht. Einige mußten sogar ein bis zwei Übungstage anhängen, und zwei Probanden gaben nach den ersten Übungsversuchen auf.

Steigerte sich ein Proband beim Üben derart, daß ihm keine Fahrfehler mehr unterliefen, wurde er angewiesen, die Geschwindigkeit bis zum erneuten Auftreten von Fahrfehlern zu erhöhen. Denn bei den Hauptversuchen bildete die bei alkoholfreien Fahrten erreichte Fahrfehlerzahl als Basiswert die Bezugsgröße für die unter Alkoholeinfluß zustande gekommenen Fahrfehler.

Zu Beginn der Übungsperiode stellte sich die Vp in der Regel die jeweilig angestrebte Geschwindigkeit erst während der einzelnen Testfahrten ein, wozu kurze Blicke zum Tachometer unumgänglich waren. Wegen der schnellen Störungsfolge verursachte ein Abwenden vom Sichtgerät jedoch stets Fahrfehler. Deshalb gingen die Vpn auf Anweisung des Versuchsleiters dazu über, sich die Geschwindigkeit vor Fahrantritt einzustellen und danach nur an Hand des simulierten Fahrgeräusches zu regulieren. Am dritten Übungstag hatte meist jede Vp "ihre" Geschwindigkeit gefunden, die sie sich vor jeder Einzelfahrt neu einstellte und dann mehr oder weniger konstant durchhielt. Ein Geschwindigkeitswechsel veränderte nämlich die

gewohnten Zeigerausschläge und erschwerte so die gestellte Lenkaufgabe.

Um die verlangte Aufgabe möglichst anschaulich darzustellen, ist es angebracht, die Art und Weise zu beschreiben, in der die Lenkarbeit optimal durchzuführen war. Wie im Abschnitt "Methode" erwähnt ist, hatte der Proband in der Minute auf 22 Zeigerausschläge zu reagieren, die in unregelmäßigen Zeitabständen aufeinander folgten. Die störungsfreien Intervalle waren meist damit ausgefüllt, den stark zu Pendelbewegungen neigenden Zeiger mit zweckmäßigen Lenkradbewegungen unter Kontrolle zu bringen. Da der Zeiger äußerst empfindlich auf minimale Lenkbewegungen reagierte, durften sie nicht verkramft und steif sein. Vielmehr mußte sich der Proband mit schnellen,lockeren und leichten Bewegungen den ständig wechselnden Situationen auf dem Sichtgerät, wo sich Ruhependeln des Zeigers, Störgrößen und Lenkregulation abwechselten und überlagerten, anpassen. Fahrfehler entstanden nicht nur durch zu langsames Reagieren auf Zeigerausschläge, sondern ebenso bei zu hektischen Bewegungen bei der Lenkregulation. Gröbere Lenkaktionen und Feinregulation waren miteinander verflochten.

Die Aufmerksamkeit der Probanden verlagerte sich im Verlauf der Übungsversuche von der Bewegung des Lenkrades zur Beobachtung des Sichtgerätes. Gleichzeitig wandelte sich der Charakter der Lenkregulation von einer Aneinanderreihung bewußter, mit äußerster Konzentration ausgeführter Bewegungen zu einem weitgehend unbewußten, automatisierten Bewegungsablauf. Dementsprechend wurden die von Ungeübten als anstrengend und ermüdend empfundenen Testfahrten von Geübten leicht bewältigt. Manchen Vpn gelang es, die Störungsfolge annähernd zu erlernen, so daß sie auch die beiden großen

Ausschläge, die sonst nicht zu parieren waren, oft mit geschickten Lenkradmanipulationen ausgleichen konnten. Die Probe bot der Vp weniger die Möglichkeit, frei zu agieren, als über eine längere Zeit (10 Minuten) auf eine größere Folge von gleichartigen Reizen zu reagieren.

Das Autofahren im Straßenverkehr einer Stadt wird dadurch geprägt, daß sich die Aufmerksamkeit des Fahrers nicht nur auf die normalen Gegebenheiten des Straßenverkehrs beschränken darf, sondern sich auch auf möglicherweise eintretende, unvorhersehbare und ungewöhnliche Verkehrssituationen richten muß. Neben der Tenazität, "der Fähigkeit, die Aufmerksamkeit dauernd auf einen Gegenstand gerichtet zu halten" (BLEULER), ist hier daher die Vigilität, d.h. die Fähigkeit, "die Aufmerksamkeit einem neuen Gegenstand zuzuwenden" (BLEULER) von großer Bedeutung.

Die im vorliegenden Versuch gestellte Aufgabe ähnelte weniger einer Stadtfahrt als einer Fahrt auf einem geraden, völlig verkehrsfreien Autobahnabschnitt bei sehr böigem Wind, wo die ganze Aufmerksamkeit des Fahrers einzig und allein darauf gerichtet ist, die in schneller Folge von beiden Seiten bei hoher Fahrgeschwindigkeit in freilich unnatürlicher Häufung einwirkenden Windböen mit richtigen Lenkbewegungen abzuwehren. Auf andere Reize als die "Windstöße" hatte der Proband nicht zu achten. Es wurde im Rahmen der gestellten Aufgabe daher im besonderen Maße die Tenazität und nicht die Vigilität geprüft. Außerdem wurden zweifellos sensorische und motorische Koordination, Geschicklichkeit, Konzentrationsfähigkeit, Reaktionsvermögen und Tiefensensibilität getestet.

Versuchsanordnung

Die vorliegende Untersuchung hatte das Ziel, an Hand eines Fahrsimulators dem Leistungsabfall während der Alkoholisierung nachzugehen. Zunächst war geplant, folgende Bedingungen einzuhalten:

Modellfahrversuche unter Alkohol mit

1. möglichst genauer Erfassung der Alkoholisierungsperiode bei steigendem und fallendem Blutalkohol,
2. Bedingungen, die den üblichen Trinkgewohnheiten nahekommen,
3. einem möglichst großen, bezüglich Alter, Beruf und Geschlecht weit gestreuten Kollektiv,
4. zusätzlichen psychomotorischen, psychologischen und klinischen Testmethoden.

Es zeigte sich aber bald, daß Versuche mit diesen idealen Bedingungen in der praktischen Durchführung nicht zu verwirklichen waren. Bei den mannigfachen Aufgaben, die sich aus der notwendigen Protokollierung der Daten, der sorgfältigen Überwachung der Versuchspersonen und des technischen Gerätes ergaben und im Grunde ohne Hilfskräfte bewältigt werden mußten, waren zahlreiche Einschränkungen des ursprünglichen Zieles erforderlich.

Auf die Anwendung zusätzlicher Testmethoden mußte verzichtet werden. Eine Reduzierung der Versuchsanzahl wurde notwendig, weil die ordentliche Durchführung der Versuche einen sehr großen Zeitaufwand bedingte. Aus praktischen Gründen war es nicht möglich, Alters-, Ge-

schlechts- und Berufsklassen aufzustellen. So wurde ein homogenes Studentenkollektiv gewählt, da dieser Personenkreis am ehesten bereit war, die anstrengenden Versuchsbedingungen auf sich zu nehmen. Es handelte sich dabei um Studenten männlichen Geschlechtes im Alter von 20 - 27 Jahren, 170 - 193 cm Länge und 53 - 81 kg Körpergewicht (Tabelle 2). Teilweise selbst Kraftfahrer zeigten sie großes Interesse am Versuch und waren sichtlich bemüht, eine optimale Leistung zu vollbringen. Sie waren keine Trinker, aber alkoholgewohnt, und wußten von sich, daß sie eine größere Biermenge auch in relativ kurzer Zeit volumenmäßig vertragen würden.

Da bisher bei Alkoholtests, um möglichst rasch einen hohen Blutalkoholgipfel zu erreichen, fast durchweg hochkonzentrierter Alkohol als Getränk geboten wurde, war von vornherein eingeplant, die Versuche dem täglichen Leben anzupassen. Deshalb wurde der Alkohol als 3,7 %iges Pilsener Bier gegeben, das in einer knappen Stunde zu trinken war. Die Trinkmenge wurde so reguliert, daß jede Versuchsperson 1 g Alkohol pro kg Körpergewicht zu sich nahm. Es ergaben sich somit Trinkmengen zwischen 1,42 und 2,18 l Bier, eine Menge, die von einzelnen Vpn schwierig zu bewältigen war. In 5 von 35 Fällen kam es während des Versuches zu Erbrechen, so daß diese Fälle für die Endauswertung nicht verwandt werden konnten.

Die Versuche begannen um 7.30 h auf nüchternem Magen und endeten um 13.00 h. Einer weiteren Ausdehnung standen verschiedene Umstände entgegen. So empfanden die meisten Vpn nach 5 Stunden ein erhebliches Hungergefühl und zeigten einen verminderten Leistungswillen, so daß dem Bestreben, den abfallenden Schenkel der Alkoholisierung auch in den Endphasen zu erfassen, Grenzen ge-

setzt waren. Da die Vpn während des ansteigenden Schenkels der Blutalkoholkurve mit dem Trinken beschäftigt waren, konnten Einzelfahrten zumeist nur im letzten Teil der Phase steigenden Blutalkohols durchgeführt werden. Die Auswertung der Blutalkoholkurven zeigte nachträglich, daß sehr oft ein Plateau vorlag, und daß die Einzelfahrten nicht immer exakt mit der gewünschten Alkoholisierungsphase zusammentrafen.

In Tabelle 1 ist das Schema eines Hauptversuches dargestellt. Er bestand aus 16 Einzelfahrten, und zwar 5 ohne Alkohol vor der Trinkzeit (Nüchternfahrten, Nf) und 11 unter Alkohol nach der Trinkzeit (Alkoholfahrten, Af). Vor der 50 minütigen Trinkzeit wurde die Nüchternblutprobe (Nb) entnommen. Unter Alkohol fanden 10 weitere Blutentnahmen statt, um eine möglichst genaue Blutalkoholkurve zu erhalten. Mit Ausnahme der Abstände der 1. und 2. (50 Min.), der 2. und 3. (10 Min.) und der vorletzten und letzten Blutentnahme (60 Min.) war alle 20 Min. eine Blutprobe vorgesehen.

Die Fahrzeiten waren diesem Schema eingepaßt. Die Einzelfahrten dauerten jeweils 10 Minuten und begannen in Abständen von 20 Minuten. Die Vpn hatten damit die Möglichkeit, sich zwischen den Einzelfahrten zu entspannen. Die Fahrzeiten von 10 Minuten reichten andererseits aus, um für die spätere statistische Auswertung brauchbare Ausgangswerte zu erhalten.

Der Mittelwert aus den Nüchternfahrten diente als Bezugswert für die Ergebnisse der Alkoholfahrten. Ein oder zwei Nüchternfahrten reichten hierfür in Anbetracht der unvermeidlichen Schwankungen von Fahrt zu Fahrt nicht aus. Die erste Nüchternfahrt sollte der Vpn zum "Ein-

fahren" dienen. Später stellte sich jedoch heraus, daß sich die erste Fahrt nicht auffallend von den restlichen vier Fahrten abhob. Sie wurde daher in die Mittelwertbildung mit einbezogen.

Die für die Venenpunktionen in Tabelle 1 angegebenen Zeiten stellten Sollzeiten dar, nach denen Testfahrende und Blutentnahme zeitlich jeweils zusammenfielen. Die tatsächlichen Entnahmezeiten lagen - abgesehen von der ersten - rund 1 - 2 Min. später, da Ausstieg aus dem Fahrstand und Vorbereitung der Blutentnahme eine gewisse Zeit brauchten. Im Hinblick auf den Gesamtversuch waren diese Verzögerungen irrelevant und benötigten keine besondere Behandlung.

30 Hauptversuche (Abb. 10-39) wurden einwandfrei vollzogen und abgeschlossen. Zusätzlich wurden fünf Nüchternversuche (Abb. 8) ausgerichtet, die sich von den Hauptversuchen nur dadurch unterschieden, daß Alkoholgabe und Blutentnahmen fehlten. Mit ihnen sollten nicht alkoholbedingte, leistungsbeeinflussende Faktoren des vorliegenden Versuchssystems, z.B. eine eventuelle Ermüdung, erfaßt werden.

Die Ergebnisse der Versuche wurden in Versuchsprotokollen festgehalten. Fehlerzahl, Wegeinheiten und Blutentnahmezeiten wurden während des Versuchs sofort in das Protokoll eingetragen. Spurabweichung und Lenkradbewegung wurden nachgetragen, sobald die Effektivwertkurven ausgewertet waren, die BAK-Werte nach Erhalt der Analysenergebnisse. Die Versuchsprotokolle +) bildeten die

---

+) Wegen ihres Umfanges konnten die Protokolle nicht in die Arbeit aufgenommen werden. Sie sind im Institut für gerichtliche und soziale Medizin der Freien Universität Berlin hinterlegt und können dort eingesehen werden.

Grundlage für die Endauswertung.

Die Durchführung der Versuche nahm etwa fünf Monate in Anspruch, da an jedem Versuchstag nur eine Vpn getestet werden konnte, und die Übungsfahrten sehr viel Zeit erforderten. Am Vormittag bis in den frühen Nachmittag fanden die Hauptversuche statt. Der späte Nachmittag war den Übungsversuchen für die "Alkoholfahrten" der nächsten Tage reserviert.

Auswertung und Ergebnisse

Die erste Sichtung der Versuchsprotokolle ergab, daß die sechzehn Einzelfahrten eines jeden Nüchtern- und Hauptversuches sich in ihren"Geschwindigkeiten" nicht stark voneinander abhoben. Mit Ausnahme eines Hauptversuches, bei dem die im zweiten Drittel der Alkoholphase gelegenen Alkoholfahrten in ihrer Geschwindigkeit erhöht waren, traf das für alle Versuche zu. Die aber regelmäßig von Fahrt zu Fahrt vorhandenen Geschwindigkeitsschwankungen wiesen keine Tendenz nach oben oder unten auf, sondern pendelten um einen Mittelwert. Waren diese Schwankungen auch klein, gingen sie doch in die geschwindigkeitsabhängigen Größen Fehler, Spurabweichung und Lenkradbewegung ein. Da auf Grund der geringen Veränderungen eine weitergehende Auswertung der Fahrgeschwindigkeit wenig sinnvoll war, galt es, den störenden Einfluß, den sie durch diese Schwankungen auf die Ergebnisse der übrigen drei Größen hatte, auszumerzen. Deren Werte mußten also korrigiert werden, da sich in ihnen ja nur die Alkoholwirkung widerspiegeln sollte.

Das Ziel dieser Korrektur war es, die Werte der benannten Größen so umzurechnen, als ob sie bei einer während des ganzen Versuches konstanten Geschwindigkeit zustande gekommen wären. Für jeden Nüchtern- und Hauptversuch wurde zunächst aus den Geschwindigkeiten aller 16 Einzelfahrten ein Mittelwert errechnet, der die konstante Geschwindigkeit darstellen sollte, und danach die Differenzen der Einzelfahrt-Geschwindigkeiten zu diesem Mittelwert. Es mußten nun nur noch die den Geschwindigkeitsdifferenzen adäquaten Fahrfehler-, Spurabweichungs- und Lenkradbewegungsdifferenzen für jede Einzelfahrt ermittelt werden. Je nachdem ob die Geschwin-

digkeit der jeweiligen Einzelfahrt oberhalb oder unterhalb des Mittelwertes lag, wurden die adäquaten F-, S- und L-Differenzen von den zu korrigierenden Werten abgezogen, oder diesen zugerechnet. Die auf diese Weise erhaltenen korrigierten Werte für F, S und L wären wahrscheinlich bei Einhaltung einer konstanten Mittelwertgeschwindigkeit erreicht worden.

Bevor die Korrektur jedoch praktisch durchgeführt werden konnte, mußte geklärt werden, welche Proportionalitätsbeziehung zwischen der Geschwindigkeit einerseits und Fahrfehlern, Spurabweichung und Lenkradbewegung andererseits bestand. Dazu wurden viele 10 minütige Testfahrten bei ganz unterschiedlichen Geschwindigkeiten gefahren, deren Ergebnisse in Abb. 7 zusammengefaßt sind. Für den interessierenden Bereich ergaben sich annähernd lineare Beziehungen. Eine Steigerung der Geschwindigkeit von 3 000 auf 4 000 Wegeinheiten pro 10 Minuten von einer Fahrt zur anderen führte zu einer Fahrfehlersteigerung von 5 auf 25 pro 10 Minuten. Eine Geschwindigkeitsdifferenz von 1 000 entsprach demnach einer Fahrfehlerdifferenz von 20. Bei Spurabweichung und Lenkradbewegung bewirkte die gleiche Geschwindigkeitssteigerung eine Erhöhung der Werte um jeweils 10 Einheiten.

Die Kenntnis dieser Beziehung stellte die Voraussetzung für die Durchführung der Korrektur dar. Lag beispielsweise die Geschwindigkeit einer Einzelfahrt um 100 Wegeinheiten über dem errechneten Mittelwert des Hauptversuches, so entsprachen diese zwei Fahrfehlern bzw. je einer Einheit Spurabweichung und Lenkradbewegung. Bei einer Fahrt mit Mittelwert-Geschwindigkeit wären diese beiden Fahrfehler nicht verursacht worden, und S

wie L um eine Einheit niedriger gelegen. Die Korrektur bestünde in diesem Falle darin, diese Werte von den ursprünglichen Ergebnissen der Einzelfahrt abzuziehen, um so für S, F und L diejenigen Werte zu haben, die bei einer Testfahrt bei Mittelwertgeschwindigkeit erreicht worden wären.

Die Grundlage für die weitere Auswertung bildeten ausschließlich nach dem beschriebenen Muster korrigierte Werte von F, S und L.

Das Ergebnis eines Nüchternversuches ist stellvertretend für alle 5 Versuche dieser Art in Abb. 8 zeichnerisch festgehalten. Die übrigen 4 Versuche glichen dem dargestellten in ihrem Verlauf, so daß auf ihre Wiedergabe verzichtet werden konnte. Die graphische Darstellung des Nüchternversuchs erfolgte in der gleichen Art wie die der Hauptversuche.

Die Kurven für Fahrfehler, Spurabweichung und Lenkradbewegung wurden gegeneinander versetzt in die Zeichnung eingetragen, um ein gegenseitiges Überkreuzen zu vermeiden und die Übersichtlichkeit zu erhöhen. Diese Vorgehen brachten es mit sich, daß von der Darstellung einer Maßeinteilung für diese Größen auf der Ordinate abgesehen wurde, da jede Kurve das Auftragen einer eigenen Maßeinteilung erfordert hätte. Das wäre der Übersichtlichkeit abträglich gewesen und hätte den Informationsgrad der Zeichnung nicht angemessen erhöht. Überdies sollten die Zeichnungen ja über den zeitlichen Verlauf der Leistungskurven im Vergleich zu dem der Blutalkoholkurve informieren. Die für die Auswertung entscheidenden Versuchsdaten sind in den Tabellen 3, 4, 5 und 6 zusammengefaßt.

Wie aus der Abbildung 8 des Nüchternversuches zu ersehen ist, weichen die Ergebnisse der Einzeltests nicht stark von einander ab. Es ist auch keine eindeutige Zu- oder Abnahme bei einem Vergleich der Einzelfahrten vor oder nach der Trinkzeit auszumachen. Lediglich die Spurabweichung scheint hier etwas abzunehmen. Ein Blick auf die Hauptversuche genügt aber, um die Belanglosigkeit dieser Veränderung zu beweisen. Die Werte des Nüchternversuches pendeln gewissermaßen um einen Mittelwert. Gegen Ende der Nüchternversuche waren bei manchen Vpn Anzeichen einer leichten Ermüdung zu beobachten, die aber zu keiner auffälligen Veränderung in der Qualität der Ausführung bei den endständigen Einzelfahrten führten. Die Konstanz der Ausführung während des ganzen Nüchternversuches kann als Zeichen dafür gewertet werden, daß die gewählte Übungszeit ausreichend war.

Bevor auf die spezielle Auswertung eingegangen wird, ist es angebracht, eine allgemeine Betrachtung der Versuchsabläufe an Hand der Abbildungen anzustellen. In den Abb. 10 bis 39 sind die Hauptversuche graphisch dargestellt. Die Kurven geben in der Reihenfolge von oben nach unten Blutalkoholkonzentration, Fahrfehler, Spurabweichung und Lenkradbewegung wieder.

Wie man sieht, wird in den Hauptversuchen von der ganzen Blutalkoholkurve nur ein Teil erfaßt. Die elf Alkoholfahrten fallen in denjenigen Bereich, der dem späten aufsteigenden Schenkel, dem BAK-Maximum und dem frühen absteigenden Schenkel entspricht. Die Blutalkoholkurven haben den für Trinkversuche mit Bier charakteristischen flachen Verlauf. Sie steigen langsam an, haben ein wenig ausgeprägtes, plateauartiges Maximum und sinken dann langsam wieder ab. In dem Versuchszeitraum

treten keine sehr großen Konzentrationsunterschiede auf. Die Blutalkoholmaxima der einzelnen Versuche sind über den Zeitraum von der 80. bis 180. Minute nach TB verteilt. Ihre Werte bewegen sich im Bereich von 0,81 bis 1,15 p.Mill.

In den Versuchen 4, 6, 9, 20 und 23 weichen die Blutalkoholkurven stärker von dem angegebenen Schema ab. Sie zeigen alle ein zeitlich exakt abgegrenztes Maximum, in dem der aufsteigende Schenkel unter Auslassung eines Plateaus gleich in den absteigenden übergeht. Bei den Versuchen 1 und 10 werden die absteigenden Schenkel im Versuchszeitraum nicht mehr erfaßt.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Nüchternversuche sind die Fehlerzahlen der Alkoholfahrten gegenüber denen der Nüchternfahrten eindeutig erhöht. Das wird besonders deutlich durch einen zahlenmäßigen Vergleich der Alkohol- mit den Nüchternfahrten eines jeden Hauptversuches. Sowohl für die 11 Alkoholfahrten wie für die fünf Nüchternfahrten wurde das arithmetische Mittel gebildet. Danach wurde der Mittelwert der Alkoholfahrten mit dem der Nüchternfahrten dividiert. Bei dem Hauptversuch mit der geringsten Fahrfehlererhöhung war die Anzahl der Fahrfehler um das 1,6fache bei den Alkoholfahrten gesteigert, bei dem mit der stärksten um das 6,5fache. In diesen Mittelwerten der Fahrfehlersteigerung bleibt selbstverständlich der zeitliche Ablauf der Fahrfehlersteigerung unberücksichtigt.

Näheren Aufschluß hierüber geben die aus den Fahrfehlerzahlen der einzelnen Alkoholfahrten ermittelten Fahrfehlerkurven. Diese Kurven sind in ihrem Verlauf so mannigfaltig gestaltet, daß es unmöglich ist, allein

durch einen oberflächlichen Vergleich einen typischen Verlauf der Kurven herauszuschälen. Das Typische der Schädigungskurven scheint eher zu sein, daß sie sich nicht ohne weiteres in ein gemeinsames Schema einfügen lassen.

Die Gipfel der Leistungsschädigungen sind zeitlich unterschiedlich lokalisiert. Sie sind in den ersten, in den mittleren und auch in den letzten Alkoholfahrten zu finden. Manchmal haben die Fahrfehlerkurven einen sehr diskontinuierlichen Verlauf und sind mehrgipflig. Andere wiederum besitzen keine ausgeprägten Maxima und haben einen sehr gleichförmigen Verlauf. Allen Versuchen gemeinsam ist, daß sie in der Phase des steigenden Blutalkohols die Wirkungsschwelle (appearance- und disappearance-threshold, GOLDBERG) bereits überschritten und in der Phase des fallenden Blutalkohols noch nicht wieder erreicht haben. Denn die zu Beginn der Alkoholfahrten bereits deutlich verschlechterte Leistung kehrt auch am Ende noch nicht zum Standard der Nüchternfahrten zurück.

Eine Ausnahme bildete der Versuch 5. Der Proband zeigte eine geringe Alkoholwirkung und hatte auch die niedrigsten Fahrfehlersteigerung von allen Vpn. In den letzten Alkoholfahrten fuhr er wieder so gut wie in den Nüchterntests. Seine BAK betrug zu diesem Zeitpunkt 0,7 bis 0,8 %o.

Aus dem bisher Besprochenen geht einerseits hervor, daß die Spanne zwischen den höchsten und niedrigsten Blutalkoholkonzentrationen in den einzelnen Blutalkoholkurven nicht sehr groß ist. Andererseits weist häufig die Leistungskurve bei sehr ähnlichen BAKn von einer

Fahrt zur anderen erhebliche Schwankungen auf. Ein Vergleich einzelner zu identischen Blutalkoholwerten des auf- und absteigenden Schenkels der Blutalkoholkurve gehörender Leistungswerte wäre unter diesen Gegebenheiten unzweckmäßig gewesen, da er zu falschen Schlüssen geführt hätte. Es mußte daher ein Weg gefunden werden, Leistungswerte unterschiedlicher Zeitpunkte vergleichbar zu machen.

Wie auf den Abbildungen der Hauptversuche zu sehen ist, wurde die Periode der Alkoholfahrten in die drei Abschnitte 1,2 und 3 unterteilt und die der Nüchternfahrten als Abschnitt 0 bezeichnet. Abschnitt 1 war gleichbedeutend mit dem aufsteigenden Schenkel, Abschnitt 2 mit dem Bereich des Maximums und Abschnitt 3 mit dem absteigenden Schenkel der Blutalkoholkurve. Der entscheidende Schritt bestand nun darin, aus den Blutalkoholwerten jedes einzelnen Abschnittes das arithmetische Mittel zu bilden, so daß pro Hauptversuch jede der drei Phasen einer Blutalkoholkurve durch einen Blutalkoholmittelwert ($\overline{B1}$, $\overline{B2}$ und $\overline{B3}$) repräsentiert wurde. Die auf diese Weise für das ganze Kollektiv erhaltenen drei Wertreihen sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Ausnahmen bildeten hier die schon in der allgemeinen Besprechung erwähnten Kurven 1 und 10, deren $\overline{B3}$ nicht dem absteigenden Schenkel entsprach, und die Kurven 4, 6, 9, 20 und 23, deren $\overline{B2}$ nicht dem Blutalkoholmaximum entsprach, sondern einem frühen absteigenden Schenkel. Bei der Auswertung werden diese Werte dann ausgesondert oder besonders gekennzeichnet.

Eine Durchsicht der drei Wertreihen zeigt, daß die

Konzentrationen des absteigenden Schenkels $\overline{(B3)}$ insgesamt gesehen meist ein wenig höher als die des ansteigenden Schenkels $\overline{(B1)}$ liegen. Weiterhin fällt auf, daß der Unterschied der Blutalkoholwerte dieser beiden Phasen zu denen des Blutalkoholmaximums $\overline{(B2)}$ nicht sehr groß ist.

Die aus der Blutalkoholkurve entwickelte Phaseneinteilung wurde als Grundgerüst für die Bearbeitung der Ergebnisse der Leistungstests übernommen. Den oben definierten Abschnitten wurden die zeitlich entsprechenden Alkoholfahrten zugeordnet, so daß sich die 16 Einzeltests eines jeden Hauptversuches in vier Abschnitte aufteilen ließen: Abschnitt 0 = Nüchternfahrten, Abschnitt 1 = Fahrten während des aufsteigenden Schenkels, Abschnitt 2 = Fahrten während des BAK-Max., Abschnitt 3 = Fahrten während des absteigenden Schenkels.

Aus den Ergebnissen der in die einzelnen Abschnitte fallenden Fahrten wurden dann die arithmetischen Mittel errechnet. Das bedeutet, daß auch die Leistungsergebnisse wie die Blutalkoholwerte in jedem Abschnitt durch einen Mittelwert repräsentiert werden. Da sich die Ergebnisse der Testfahrten in die Größen Fahrfehler, Spurabweichung und Lenkradbewegung auffächern, resultieren für jede dieser Größen pro Hauptversuch vier Werte, für das Gesamtkollektiv also je vier Wertreihen. Diese sind in den Tabellen 4, 5 und 6 zusammengestellt. Die Werte wurden nach den Abschnitten benannt, die sie repräsentieren: Fahrfehler - $\overline{F0}$, $\overline{F1}$, $\overline{F2}$, $\overline{F3}$; Spurabweichung - $\overline{S0}$, $\overline{S1}$, $\overline{S2}$, $\overline{S3}$; Lenkradbewegung -$\overline{L0}$, $\overline{L1}$, $\overline{L2}$, $\overline{L3}$.

In Tabelle 4 ist darüber hinaus aufgezeichnet, um das Wievielfache sich die Fahrfehler der drei Alkoholphasen im Vergleich zu dem Mittelwert der Nüchternfahrten erhöht haben. Die Quotienten wurden durch Division von

$\overline{F1}$, $\overline{F2}$, und $\overline{F3}$ mit $\overline{F0}$ ermittelt.

Für Spurabweichung und Lenkradbewegung wurden zusätzlich die prozentualen Steigerungen der drei Alkoholphasen gegenüber der Nüchternphase berechnet. Die Berechnung erfolgte nach den Formeln

$$\frac{\bar{S}_{1/2/3} - \bar{S}_0}{\bar{S}_0} \cdot 100 \qquad \text{bzw.} \qquad \frac{\bar{L}_{1/2/3} - \bar{L}_0}{\bar{L}_0} \cdot 100$$

Ihre Ergebnisse sind ebenfalls in den Tabellen 5 und 6 wiedergegeben. Die mit einem Minuszeichen versehenen Werte bedeuten keine Steigerung, sondern eine prozentuale Verringerung.

Die weitere Auswertung der 30 Hauptversuche erfolgte auf der Grundlage der Tabellen 4, 5 und 6. Sie sollte die Frage klären, ob statistisch erfaßbare Unterschiede in der Veränderung von Leistung und Lenkradbewegung zwischen der Nüchternphase und den drei Alkoholphasen einerseits sowie den drei Alkoholabschnitten untereinander andererseits in dem vorliegenden Kollektiv vorhanden waren. Als Methode wurde hierfür der Zeichentest (GEIGY, Wissenschaftliche Tabellen) benutzt. Es wurden zwei Wertreihen (d.h. immer zwei der vier untereinander zu vergleichenden Phasen, 0, 1, 2, 3) des Kollektivs daraufhin untersucht, ob die jeweils zueinander gehörenden Werte eines Versuchs eine Zunahme, Konstanz oder Abnahme aufwiesen. Eine Auszählung der beiden Wertreihen auf Grund dieser Kriterien ergab dann nach Ausklammerung der unverändert gebliebenen Werte, mit welcher Irrtumswahrscheinlichkeit (%) Zunahme oder Abnahme signifikant überwogen. Hielten sich beispielsweise die Zahlen der Zu- und Abnahmen die Waage, bestand zwischen den zwei Phasen kein signifikanter Unterschied. Die Zahl der konstant gebliebenen Werte spielte

bei dieser Aussage keine Rolle.

Der Zeichentest wurde bei den Wertreihen "Prozentuale Steigerung der Spurabweichung" und "Prozentuale Steigerung der Lenkradbewegung" (Tabellen 5 und 6) angewandt. Für die Spurabweichung wurde eine Veränderung von größer als $\pm$ 3 % als eindeutiger Unterschied festgelegt, für die Lenkradbewegung eine Veränderung von größer als $\pm$ 2,5 %, da die Schwankungen in den Werten der Lenkradbewegung von Fahrt zu Fahrt grundsätzlich kleiner war. Ausgeschlossen von der Auswertung wurden, wie oben angedeutet, von den Versuchen 1 und 10 die Werte der dritten Alkoholphase, und von den Versuchen 4, 6, 9, 20 und 23 die Werte der zweiten Alkoholphase.

Die Ergebnisse des Zeichentests für S und L sind in Bild 40 wiedergegeben, die der Abbildung zu Grunde liegenden Zahlen der Auszählung in Tabelle 7. Die Buchstaben S und L, mit kleinen Indexzahlen versehen, symbolisieren die Wertreihen der miteinander zu vergleichenden Abschnitte 0, 1, 2 und 3.
Die Bedeutung der Pfeile wird auf der gleichen Seite zeichnerisch erklärt. Die unmittelbar neben den Pfeilen befindlichen Zahlen geben an, mit wieviel prozentiger Irrtumswahrscheinlichkeit die Unterschiede unter den einzelnen Wertreihen statistisch signifikant sind.

Im Zusammenhang mit der statistischen Auswertung nach dem Zeichentest sei ergänzend vermerkt, daß vor seiner Anwendung von den Säulen der Tabelle 4 (Fahrfehler) die Mittelwerte mit den dazugehörigen Standardabweichungen ermittelt wurden. Die errechneten Werte sind in Tabelle 4 unten angegeben. Auf Grund der starken Streuung der Werte aus den Versuchen ergaben sich sehr hohe Standard-

abweichungen. Die entsprechenden Mittelwerte ohne Standardabweichungen wurden auch für die BAK (Tab. 3 unten), Spurabweichung (Tab. 5 unten) und Lenkbewegung (Tab. 6 unten) durchgeführt.

In weiteren Untersuchungen wurde der Frage nachgegangen, ob zwischen der Veränderung der Lenkradbewegung und der Veränderung der Leistung eine Beziehung besteht. In den Bildern 41 a,b,c,d, 42 a,b,c,d und 43 b,c,d sind Methode und Ergebnis gleichermaßen dargestellt. Auf den Abszissen der Bilder 41 und 42 sind die Werte der Lenkbewegung $\overline{L0}$,$\overline{L1}$,$\overline{L2}$ und $\overline{L3}$ (Tabelle 6) abgetragen, auf den Ordinaten des Bildes 41 die Fahrfehlerwerte $\overline{F0}$,$\overline{F1}$,$\overline{F2}$,$\overline{F3}$ (Tabelle 4), und auf den Ordinten des Bildes 42 die Werte der Spurabweichung $\overline{S0}$,$\overline{S1}$,$\overline{S2}$,$\overline{S3}$ (Tabelle 5). Auf Bild 43 a,b,c sind die prozentualen Steigerungen der Spurabweichung gegen die der Lenkradbewegung aus den Tabellen 5 und 6 gegeneinander abgetragen. Die Werte der Versuche 1,4,6,9,10,20 und 23 sind in den betreffenden Zeichnungen als Kreuzchen dargestellt.

Bei der Durchführung der Fahrversuche fiel auf, daß Vpn mit wenig Fahrfehlern während der Nüchternfahrten oft eine besonders starke Fahrfehlersteigerung unter Alkohol aufwiesen. Dieser Beobachtung wurde durch Sortieren der Versuche nach steigenden Nüchternfahrfehlerzahlen (Tab. 4) sowie durch die graphische Darstellung (Abb. 44) der Beziehung von Nüchternfahrfehlern $\overline{F}_o$ (Abszisse) und der Quotienten aus Alkohol- und Nüchternfahrfehlern $\overline{F}_{nAlk}/\overline{F}_o$ (Ordinate) nachgegangen.

Nach der Besprechung der Nüchternversuche, der zum Verständnis des gewählten Auswertungsweges notwendigen Ergebnisse und des Auswertungsganges selbst, seien nun die Einzelheiten der Ergebnisse zusammenfassend dargestellt:

1) Beziehung zwischen Blutalkohol und Leistungskurve:

a) Bei Betrachtung des Kollektivs der 30 Hauptversuche hat die Leistungsschädigung einen Verlauf, der dem der Blutalkoholkurve entspricht. Die Mittelwerte der BAK der drei beschriebenen Phasen der Blutalkoholkurve betragen $\overline{B}_1$Koll:0,81 %o, $\overline{B}_2$Koll:0,97 %o, $\overline{B}_3$Koll:0,87 %o (Tabelle 3 unten). Die entsprechenden Mittelwerte für die Fahrfehler sind $\overline{F}_1$Koll:45,7, $\overline{F}_2$Koll:52,7, $\overline{F}_3$Koll:45,0 (Tabelle 4 unten), bei allerdings sehr hohen Standardabweichungen. Die Mittelwerte der Fahrfehlerquotienten (Tab. 4 rechts unten) zeigen dagegen bei fallender BAK (3,45) niedrigere Werte als bei steigender (3,71). Der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen (Documenta Geigy) ergab jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede.

b) Bei differenzierter Betrachtung des Leistungsverlaufes im Gesamtkollektiv an Hand der Einzelversuche ergibt sich beim Vergleich der einzelnen Phasen zunächst ein ähnliches Bild (Tabelle 7, Spurabweichung). Vom aufsteigenden Schenkel zum Bereich des BAK-Max. nimmt bei 17 Vpn die Leistungsschädigung zu, bei 5 Vpn bleibt sie gleich, und bei 3 Vpn nimmt sie ab. Vom Bereich des BAK-Max. zum absteigenden Schenkel nimmt bei 4 Vpn die Schädigung zu, bei 3 Vpn bleibt sie gleich, und bei 16 Vpn nimmt sie ab. Ein abweichendes Bild ergibt aber der Vergleich des Schädigungsgrades bei steigender und fallender BAK. Nur in 6 Fällen war der Schädigungsgrad gleich. Dagegen war jeweils in 11 Fällen die Schädigung im absteigenden Schenkel größer bzw. kleiner als im aufsteigenden.

c) Mit dem Zeichentest (Abb. 40 a) wurde auf der Grundlage von Tabelle 7, Abschnitt Spurabweichung, untersucht, ob die Unterschiede in den Leistungen der einzelnen Phasen statistisch signifikant sind oder sich noch zwanglos durch den Zufall erklären lassen. Zu diesem Zwecke wurden die konstant gebliebenen Werte aus der Betrachtung eliminiert. Von der Nüchternphase S_0 zu den drei Alkoholphasen S_1, S_2, S_3 und vom aufsteigenden S_1 zum BAK-Max. S_2 sind mit 1 %iger Irrtumswahrscheinlichkeit Versuche mit zunehmender Schädigung in der Überzahl. Vom BAK-Max. S_2 zum absteigenden Schenkel S_3 sind Versuche mit abnehmender Schädigung in der Überzahl, aber nur mit 5 %iger Irrtumswahrscheinlichkeit. Vom auf- zum absteigenden Schenkel überwiegen weder Versuche mit ab- noch mit zunehmender Schädigung signifikant. Eine Auswertung der Fehler nach dem Zeichentest ergab erwartungsgemäß die gleichen Ergebnisse wie bei der Spurabweichung.

d) Die Fahrfehlerzahl des Gesamtkollektivs (dieser Wert ergab sich durch Mittlung der 30 jeweils aus den Einzelfahrten pro Hauptversuch errechneten Mittelwerte für die Fahrfehler) war unter Alkoholeinfluß gegenüber der Nüchternfahrfehlerzahl um das 3,8fache $\pm$ 1,56 gesteigert.

2) Beziehung zwischen objektiver Leistung und Leistungsgefühl:

Eine systematische Mitschrift von Bemerkungen und Verhalten der Vpn durch den Versuchsleiter ließ der Umfang der zu erledigenden Aufgaben nicht zu. Dem Gesamteindruck vieler Einzelbeobachtungen zufolge zeigten die Probanden Trunkenheitssymptome, wie verwaschene Sprache,

unsicheren Gang, wenn überhaupt, nur in dem Zeitraum der ersten sechs Alkoholfahrten. Einige äußerten spontan, daß sie sich jetzt sicher nicht an das Steuer eines Wagens setzen würden. Ganz eindrucksvoll waren die in dieser Zeit bei manchen Vpn auftretenden Schwierigkeiten beim Be- und Entsteigen des recht engen Fahrstandes. Sie stießen beim Einsteigen heftig mit dem Kopf gegen die freie Kante der relativ niedrigen Kabinendecke oder blieben beim Aussteigen zwischen der Holzverkleidung des Fahrstandes und dem Fahrersitz hängen. Im späteren Abschnitt des Versuches verschwanden diese Fehlleistungen wieder. Die Probanden hatten dann meist auch nicht mehr das Gefühl angetrunken zu sein. Viele fühlten sich "eigentlich schon wieder ganz normal". Das Trunkenheitsgefühl wurde nicht selten durch eine gewisse Müdigkeit abgelöst. Im Gegensatz zum subjektiven Wohlbefinden und zum Schwinden äußerlich erkennbarer Trunkenheitssymptome blieben dagegen die Leistungen am Fahrsimulator unerwartet schlecht.

3) Beziehung zwischen Lenkbewegung und Blutalkoholkurve:

a) Die Ergebnisse der Lenkradbewegung zeigen einen zeitlichen Verlauf, der von dem der Schädigung (1 b,c) abweicht (Tabelle 7, Lenkbewegung). Wie dort ist die Lenkbewegung ebenfalls in der Mehrzahl der Versuche in den drei Alkoholphasen im Vergleich zu den Nüchternfahrten verstärkt. Vom steigenden BAK zum BAK-Max. bleiben bei 14 Versuchen die Werte unverändert, bei 3 Vpn nimmt die Lenkbewegung zu, bei 8 Vpn ab. Die Schädigung nimmt hier in der Mehrzahl der Versuche zu. Vom Bereich des BAK-Max. zum absteigenden Schenkel nimmt bei 12 Vpn die Lenkbewegung ab, bei 10 Vpn bleibt sie gleich und

bei 1 Vpn nimmt sie zu. Von der steigenden zur fallenden BAK nimmt bei 19 Vpn die Lenkbewegung ab, bei 6 Vpn bleibt sie gleich und bei 3 Vpn nimmt sie zu. Die Schädigung nimmt hier dagegen in 11 Fällen ab und in 11 Fällen zu.

b) Mit dem Zeichentest (Abb. 40 b) wurde die Lenkbewegung entsprechend dem Vorgehen unter Punkt 1 c untersucht. Von der Nüchternphase L_0 zu den drei Alkoholphasen L_1, L_2, L_3 überwiegt die Zahl der Versuche mit Lenkbewegungssteigerung, und zwar nach L_1 und L_2 hin mit 1 %iger und nach L_3 hin mit 5 %iger Irrtumswahrscheinlichkeit. Vom aufsteigenden Schenkel L_1 zum BAK-Max. L_2 überwiegt weder die Zahl der Vpn mit Lenkbewegungszunahme oder -abnahme signifikant. Vom BAK-Max. L_2 zum absteigenden Schenkel L_3 und vom aufsteigenden Schenkel L_1 zum absteigenden Schenkel L_3 sind die Vpn mit abnehmender Lenkbewegung gegenüber solchen mit zunehmender mit 1 %iger Irrtumswahrscheinlichkeit in der Überzahl. Bedenkt man die relativ große Zahl der Abnahmen von L_1 nach L_2 bei hoher Zahl von gleichbleibenden Werten, dann die hohe Zahl von Abnahmen von L_1 nach L_3, so läßt sich daraus schließen, daß die Lenkbewegung im Gegensatz zur Schädigung nicht erst im Bereich des BAK-Max. bei den meisten Versuchen am stärksten ist, sondern bereits bei steigender BAK.

4) Beziehung zwischen Lenkbewegung und Leistung:

Bei den Nüchternfahrten bestand keine Beziehung zwischen der Größe der Lenkbewegung $\overline{L}_0$ und der Fahrfehlerzahl $\overline{F}_0$ wie aus Abb. 41 a hervorgeht, da sich die Werte des Kollektivs in einem regellosen Punktschwarm anordnen. In der

Alkoholisierungsphase ist eine Beziehung vorhanden (Abb. 41 b,c,d): Je größer die Lenkbewegung, desto größer ist die Fahrfehlerzahl. Für die absoluten Werte der Spurabweichung ist diese Beziehung wegen der im Verhältnis zur großen Streuung geringen Steigerung der Werte nicht nachweisbar (Abb. 42 a,b,c,d). Betrachtet man jedoch die prozentualen Steigerungen von Spurabweichung und Lenkbewegung, so tritt die Beziehung wieder auf (Abb. 43 b,c,d), da hierbei der störende Einfluß der Streuung ausgeschaltet ist.

5) Beziehung zwischen Nüchternleistung und alkoholbedingter Leistungsschädigung:

Wie aus Tabelle 4 und Abb. 44 hervorgeht, ist der Quotient der Fahrfehler aus Alkohol- und Nüchternfahrten bei Vpn mit niedriger Fahrfehlerzahl in den Nüchternfahrten oft besonders groß. Mit anderen Worten, die Verschlechterung der Fahrleistung unter Alkoholeinfluß, gemessen in Form von Fahrfehlern, ist bei solchen Vpn oft auffällig stark, die in den Nüchternfahrten gute Fahrleistung mit wenig Fahrfehlern zeigen.

6) Das Verhalten der Geschwindigkeit:

Die Geschwindigkeit blieb von Einzelfahrt zu Einzelfahrt in den Hauptversuchen weitgehend unverändert.

7) Die Gleichmäßigkeit der Leistung unter Alkohol:

Bei einem großen Teil der Hauptversuche weist die Leistungskurve während der Alkoholisierungsphase tiefe Zacken auf,

wie sie während der Nüchternphase der Hauptversuche und in den Nüchternversuchen nicht vorkommen, ohne dabei aber das Nüchternniveau zu erreichen. Eine Besonderheit bietet Versuch 20, bei dem in der zweiten Alkoholfahrt bei einer BAK von 1 ‰ die Fahrfehlerzahl auf das Niveau der letzten vier Nüchternfahrten fällt, im weiteren Verlauf dann aber wieder ansteigt. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Beobachtung, daß einige Vpn in den 10 minütigen Alkoholfahrten manchmal minutenlang sehr wenige Fahrfehler machten und dann fast schlagartig massenhaft Fahrfehler in sehr kurzer Zeit verursachten. Hierauf wird später näher eingegangen.

DISKUSSION

Die vorliegenden Versuche stellen eine Zwischenlösung zwischen der Prüfung einfacher psychomotorischer Leistungen und der Prüfung komplexer Leistungen an mehr oder weniger vollständigen Modellfahrgeräten dar. Im Grunde werden mit dem hier durchgeführten Modellfahrversuchen folgende Einzelleistungen geprüft: Konzentrative Aufmerksamkeit (Tenazität), sensorische und motorische Koordination, Konzentrationsfähigkeit, Reaktionsvermögen, Tiefensensibilität und Geschicklichkeit. Dem echten Führen eines Kraftfahrzeuges stehen die Versuche nahe, weil eine Dauerleistung verlangt wurde. Somit steht zu erwarten, daß der Aussagewert größer ist als bei der Prüfung von Einzelleistungen. Wie sich bei der Durchführung zeigte, war allerdings die Aufgabe an diesem Fahrsimulator zu "fahren" so verschieden vom Führen eines richtigen Kraftwagens, daß Autofahrer keinen entscheidenden Übungsvorteil gegenüber Nicht-Autofahrern besaßen. Eine Unterscheidung brauchte somit nicht gemacht werden.

Eine übersichtliche Analyse der Fahrleistung verdanken wir MÜLLER-LIMMROTH (1970). Nach seinem Schema ergibt sie sich aus dem Zusammenwirken von physischer Leistungsfähigkeit, Leistungsdisposition, Leistungsbereitschaft und Leistungsreserve, Persönlichkeit, sowie den Leistungsvorbedingungen der Umwelt (Auto, Straße, Witterung, Verkehr u.a.). Auf diese wichtigen Grundüberlegungen wird noch zurückzukommen sein.

Zunächst sollen die bisher in der Literatur niedergelegten Ergebnisse von Verlaufsuntersuchungen mit Modellfahrgeräten (GRAF, LOOMIS u.a., DREW u.a.) und echten Kraftfahrzeugen (ABELE), die schon in der Einleitung erwähnt wurden, ausführlicher besprochen werden.

DREW u.a. benutzen ein relativ wirklichkeitsnahes Automodell, ausgestattet mit Lenkrad, Kupplung, Brems- und Gaspedal und Schaltknüppel, LOOMIS u.a. ein Modell mit Lenkrad, Brems- und Gaspedal. Das Modell GRAFs und der hier verwandte Simulator besaßen nur Lenkrad und Gaspedal. Bei GRAF und DREW u.a. lief die Straßenszene auf einer vor dem Fahrer befindlichen Projektionswand ab. Mittels optischer Geräte wurde die auf eine rotierende Scheibe (DREW u.a.) bzw. auf ein endloses Band (GRAF) aufgetragene mit harmonischen Kurven versehene "Straße" auf diese Wand geworfen, so daß der optische Eindruck entstand, auf einer Straße entlang zu fahren. Bei LOOMIS u.a. war eine 50 Yards lange "Straße" auf ein fortlaufendes Band gezeichnet und verlief darauf in sanften Kurven von Seite zu Seite. Ein über dem Band angebrachtes Miniaturauto mußte gesteuert werden. Bei dem eigenen Fahrsimulator wurde der Mittelstreifen einer Fahrbahn durch einen Zeiger auf einem Sichtgerät symbolisiert, der Bewegungen nach links und rechts machte, nicht über seitliche Begrenzungslinien hinausgehen durfte und in der Mitte gehalten werden sollte, was dem Fahren auf der Mitte einer Straße entsprach. Eine Geschwindigkeitsänderung durch Betätigen des Gaspedals entsprach nicht einer Änderung der Ausschlagsfrequenz des Zeigers, sondern einer Änderung der Ausschlagsamplitude. In den anderen drei Arbeiten wirkte das Gaspedal (GRAF) bzw. Gas- und Bremspedal (DREW u.a., LOOMIS u.a.) direkt auf die Geschwindigkeit der Bänder und der Scheibe. Besondere Erschwerungen beim Befahren der "Straße" wandten nur LOOMIS u.a. an. Bei grünem Licht mußte das Gaspedal niedergetreten, bei gelbem Licht losgelassen, bei rotem Licht das Bremspedal niedergetreten werden.

Relativ große Ähnlichkeit mit dem Führen eines richtigen Fahrzeuges scheint bei DREW u.a. bestanden zu haben, denn sie geben an, daß erfahrene Autofahrer weniger Schwierigkeiten bei der Ausführung der Aufgabe hatten als unerfahrene. Sie benutzten ja auch das wirklichkeitsnaheste Automodell. Trotzdem ergab auch ihre Methode einen nicht geringen Übungseffekt. Selbst die Methode von DREW u.a., die alle wesentlichen Bedienungselemente eines Autos wie Lenken, Kuppeln, Schalten, Bremsen und Gasgeben enthält, weist wichtige Unterschiede zum echten Fahren auf, die, wie noch zu zeigen ist, eine unreflektierte Übertragung der Ergebnisse auf die Wirklichkeit unmöglich machen. In noch höherem Maße gilt das für die anderen Modellfahrversuche, bei denen diese für das Autofahren selbstverständlichen Automatismen teilweise fehlen.

Der Bremsvorgang besteht z.B. aus mehr als nur dem Heruntertreten des Bremspedals. In einem echten Kraftfahrzeug wird hierbei durch Dehnung der Muskelspindeln der Rückenmuskulatur eine Erhöhung ihres Tonus bewirkt. Gasgeben ist mit dem Gefühl der Beschleunigung verbunden. Fahren und Geschwindigkeit werden nicht nur bewußt durch den Blick auf die Strecke, sondern auch durch die vorbeirasende Landschaft, Windgeräusche und Vibration des Autos. Die "Geschwindigkeit" eines Modellversuches hat damit sicher keine große Ähnlichkeit. Die Vibration kann den Muskeltonus erhöhen, so daß infolge Durchblutungsdrosselung eine Ermüdung eintritt. Erhöhte Aufmerksamkeit z.B. wegen vereister Straße kann denselben Effekt haben. Auch Blendung führt über die Retikularformation zur Erhöhung des Muskeltonus und damit zur Beeinträchtigung der Feineinstellung. Wichtige Verkehrssituationen fehlen wie Kolonnenfahren und Überholmanöver, die in Kombination mit Faktoren wie Eile und Ärger besondere Bedeutung für Fehlhandlungen bekommen. Die Fahrt mit dem

hier benutzten Fahrsimulator wurde früher mit einer Autobahnfahrt bei heftigen Seitenwindstößen von beiden Seiten verglichen. Bei einer echten Fahrt würde der Seitenwind jedoch nicht nur visuell als Abkommen von der Fahrbahn wahrgenommen, sondern wesentlich sind hierbei neben der Muskelsensibilität Hautrezeptoren besonders der Gesäßregion, die auf Scherkräfte ansprechen und reflektorisch eine Spannungserhöhung der Bein-, Gesäß- und Rückenmuskulatur hervorrufen (MÜLLER-LIMMROTH).

Ein größerer Teil dieser Leistungsvorbedingungen wird sicherlich in den echten Fahrversuchen ABELEs realisiert, der seine Fahrer in einem normalen mit Registriervorrichtungen ausgestatteten PKW auf einen für den übrigen Verkehr gesperrten 2,4 km langen Straßenrundkurs unter Anstrebung einer Geschwindigkeit von 40 km/h schickte. Als Vorteil erscheint, daß viele der oben angesprochenen in Modellfahrversuchen nicht reproduzierbaren Faktoren hier in Versuch und Ergebnissen enthalten sind.

Die Modellfahrversuche und auch ABELEs Versuche unterscheiden sich dadurch wesentlich von den wirklichen Fahrten im Straßenverkehr, daß unerwartete und ungewöhnliche Verkehrssituationen nicht eintreten. Auch die roten, gelben und grünen Signale bei LOOMIS u.a., mit denen eine kontinuierliche Fahrt verhindert wird, sind im Versuchsprogramm fest eingeplant, und die Probanden rechnen mit diesen außergewöhnlichen "Verkehrssituationen" von vornherein. Die Aufgabe in den eigenen Versuchen bestand vor allem aus Automatismen, weniger aus bewußten Reaktionen bzw. Handlungen. Bewußte Reaktionen und zielgerichtete Handlungen traten in den Hintergrund, weil keine ungewohnlichen Prüfungen zu unerwartetem Zeitpunkt, wie sie d oben genannten Verkehrssituationen adäquat gewesen wären, im Versuchsprogramm enthalten waren. Und noch ein weite-

rer wesentlicher Punkt fällt auf, den wohl als erster GRAF angedeutet hat. Die Vpn gingen größtenteils mit willensmäßig forcierter, ausgeprägter Leistungsbereitschaft in die Versuche, d.h. von vornherein war bei gutem Übungszustand die Leistungsreserve klein und damit die Kompensationsmöglichkeit einer Verschlechterung der Leistungsdisposition mit Alkohol durch Aktivierung der Leistungsreserve gering.

Auf Grund der Tatsache, daß Wirklichkeitsfahrten viel komplexere Aufgaben darstellen, sollte man dort eine stärkere Schädigung annehmen als bei echten oder Modellfahrversuchen unter Alkohol. Andererseits müßte auf Grund der minimalen Leistungsreserven bei Versuchsfahrten die Schädigung hier eindrucksvoller zum Ausdruck kommen. Es bleibt letztlich der Schluß, daß die Zahlenwerte der Ergebnisse im Hinblick auf die Wirklichkeit nicht überbewertet werden dürfen, aber innerhalb eines Versuchssystems gute Vergleichsmaßstäbe darstellen.

Die registrierten Meßgrößen waren bei GRAF: Geschwindigkeit, Fehlerzahl (Abkommen von der Fahrbahn), Geschwindigkeitswechsel, bei LOOMIS u.a.: Reaktionszeiten auf gelbes und rotes Licht, Gesamtzeit des Abkommens von der Straße, Geschwindigkeit, bei DREW u.a.: Fehlerzahl (Überschreiten des Fahrbahnrandes), Geschwindigkeit, Lenkbewegung, in der eigenen Arbeit: Fehlerzahl (Überschreiten der seitlichen Grenzstreifen durch den Zeiger), Spurabweichung, Lenkbewegung, Geschwindigkeit. ABELE zeichnete Fahrfehler (Abkommen von der Fahrbahn, falsches Durchfahren der Kurven, fehlerhaftes Schalten), Lenkbewegung und Geschwindigkeit auf.

1) Blutalkohol und Leistungskurve

a) Bezogen auf das Gesamtkollektiv wurde in den eigenen Versuchen ein Verlauf der Leistungsschädigung an Hand von Fehlerzahl und Spurabweichung gefunden, der dem der Blutalkoholkurve entsprach. In den Selbstversuchen GRAFs je 5 Versuche mit 40 g bzw. 80 g Alkohol ergab sich ein ähnliches Bild, wenngleich die Schädigungskruve (Fehlerzahl) im ansteigenden Teil etwas hinter der Konzentrationskurve zurückblieb, ihr Höhepunkt etwas später als das BAK-Max. lag, und die Schädigung zunächst ein wenig rascher abnahm als die BAK. Das BAK-Max. betrug 1,3 %o bei 1 g/kg Kgw, die Erhöhung der Fehler im Maximum das 4,8fache und 0,5 %o bei 0,5 g/kg Kgw mit einer Fehlererhöhung um das 2,8fache. Im Unterschied zu den eigenen Versuchen wurde ein Frühstück zwei Stunden vor Versuchsbeginn und 30 %iger Alkohol innert 5 Minuten verabreicht. Die Beobachtungen erfolgten bis etwa 300 Min. nach TB.10 Blutentnahmen in dieser Zeit gewährleisteten eine gute Erfassung der BA-Kurve. GRAF ermittelte aus den 40 g und 80 g Versuchen eine Kurve, die die Beziehung zwischen BAK und Leistungsschädigung wiedergab. Die in der eigenen Arbeit ermittelten Fehlerquotienten des Gesamtkollektivs für die drei Alkoholphasen ($\overline{B}_1$Koll:0,81 %o/ $\overline{B}_2$Koll:0,97 %o/ $\overline{B}_3$Koll: 0,87 %o) liegen mit $\overline{F}_1$Koll=3,71/ $\overline{F}_2$ Koll=4,22/ $\overline{F}_3$Koll=3,45 etwas höher als bei GRAF, jedoch noch im Bereich von ihm aufgestellten Kurve.

LOOMIS u.a., die mit 10 Vpn. im Alter von 23-39 Jahren in mehreren Versuchsserien bei unterschiedlichen Alkoholbelastungen arbeiteten, erhielten ebenfalls einen Schädigungsverlauf, der dem der Blutalkoholkurve entsprach. Allerdings wies die Durchführung der Versuche wesentliche Unterschiede zu den anderen Arbeiten auf. Einem Frühstück

folgte um 11 h ein weiterer Imbiß. Der Alkohol wurde zwischen 12 und 13 h eingenommen und zwar in Form von Martini- bzw. Manhattan-Cocktails oder Whisky. Die Vpn wurden unabhängig vom Körpergewicht mit unterschiedlichen Alkoholmengen belastet, jedoch nicht einmalig, sondern auf die Initialdosis folgte in jeder der fünf weiteren Stunden eine Erhaltungsdosis, so daß die Blutalkoholkurve im Versuchszeitraum auf konstantem Niveau blieb oder sogar leicht anstieg. 1 1/2, 3 und 5 Stunden nach TB erfolgten die Blutentnahmen. Einzelheiten der BA-Kurve konnten damit nicht erfaßt werden. Die Initialdosen betrugen 50, 80, 95 und 115 ml Alkohol bei stündlichen Erhaltungsdosen von 11 - 12 ml. Die BAKn lagen zwischen 0,3 und 1,8 %o. Bei einer Zusammenstellung jeweils aller Versuche für 1 1/2, 3 und 5 Stunden nach TB ergab sich für jeden der drei Zeitpunkte eine logarithmische Beziehung zwischen BAK und Schädigung. Daraus, daß die Kurven aller drei Zeitpunkte fast kongruent sind, läßt sich schließen, daß bei LOOMIS u.a. der Schädigungsgrad bei einer bestimmten BAK unabhängig vom Entnahmezeitpunkt ist. Bei 1 %o betrug die Schädigung 15 % bei 1,5 %o schon 30 %.

Die Untersuchung von DREW u.a. mit 40 Vpn im Alter von 23-40 Jahren ergab ebenfalls einen übereinstimmenden Verlauf von BA-Kurve und Schädigung. Das Maximum der Schädigung lag zeitlich etwas hinter dem BAK-Max., im weiteren Verlauf schien die Schädigung etwas schneller zurückzugehen. Die Untersuchung war mit ca. 150 Min. nach TB zeitlich zu kurz, um eine eindeutige Aussage über den weiteren Verlauf zuzulassen. Auch bei GRAF hatte ja die Schädigung zunächst etwas schneller abgenommen, ohne daß diese Tendenz erhalten blieb. Unterschiede in der Durchführung zur eigenen Arbeit bestanden

vor allem in der Gabe eines Frühstücks, in dem 20 %igen Alkohol und der kurzen Trinkzeit von 10 Min. Jede Vp wurde mit 0,2 / 0,35 / 0,5 und 0,65 g Alkohol pro kg Kgw belastet, womit BAK-Maxima von 0,2 / 0,4 / 0,6 / und 0,8 ‰ erreicht wurden. Bei der BAK von 0,8 ‰ betrug die Verschlechterung über 16 %. Außer der Nüchternblutentnahme wurden weitere 4 Entnahmen nach Alkoholzufuhr vorgenommen, etwas wenig zur Erfassung einer genauen BA-Kurve. DREW u.a. setzten die verschiedenen BAKn in Beziehung zu den Fahrfehlern und fanden hier im Gegensatz zu LOOMIS u.a. und ABELE eine lineare Abhängigkeit.

Obwohl in der Methodik grundverschieden, ergab sich bei ABELE ein ähnliches Kurvenbild wie in der eigenen Arbeit; der Verlauf der Schädigung entsprach dem der BA-Kurve. Die Versuche mit 33 Vpn zwischen 24 und 46 Jahren erstreckten sich über 10 Stunden. Es wurden die üblichen Mahlzeiten eingenommen. Der Alkohol wurde in Form von Weinbrand zugeführt. Das Besondere an der Arbeit ABELEs ist, daß praktisch die gesamte BA-Kurve mit Werten von 0,1 bis 1,7 ‰ erfaßt wurde, im Gegensatz zu der eigenen Arbeit und denen von GRAF, LOOMIS u.a. und DREW u.a. Dadurch war es möglich, die Versuchsperiode an Hand der BA-Kurve in sieben Abschnitte zu gliedern (3 Abschnitte jeweils für die steigende und fallende BAK und 1 Gipfelbereich), die einem Nüchternabschnitt gegenübergestellt wurden. Bei 0,2 ‰ wurden durchschnittlich 0,5, bei 0,5 ‰ ca. 1,5, bei 1 ‰ ca. 2,5 und bei 1,4 ‰ ca. 3,5 Fehler pro Fahrt gemacht.

Eine Klasseneinteilung der eigenen Versuche nach dem Muster ABELEs, der ja ebenfalls im Gegensatz zu DREW u.a. und LOOMIS u.a. alle Vpn einheitlich mit Alkohol belastete, wäre ideal gewesen. Da aber aus den erwähnten

versuchstechnischen Gründen nur ein Teil der BA-Kurve erfaßt wurde und diese darüber hinaus den für Bier typischen flachen Verlauf hatte, konnte wegen der sehr geringen BAK-Unterschiede eine so weitgehende Klasseneinteilung nicht vorgenommen werden. Trotz dieses Mangels und der dargestellten mannigfaltigen Fahrgerät und Versuchsdurchführung betreffenden Unterschiede, zeigt es sich, daß in allen 5 Arbeiten im Beobachtungszeitraum Blutalkoholkurve und Schädigung einen gleichsinnigen Verlauf haben.

1 b, c) Im Bereich des absteigenden Schenkels schien sich in der eigenen Arbeit bezüglich des Schädigungsverlaufes das Kollektiv in zwei Richtungen zu spalten, in einen Teil mit größerer und einen anderen Teil mit kleinerer Schädigung als im aufsteigenden Schenkel. Die bei GRAF und ABELE angegebenen Summenkurven lassen entsprechende Aussagen nicht zu. Außerdem stellt sich die Summenkurve GRAFs aus mehreren Selbstversuchen zusammen, was für sich allein die Vergleichbarkeit erheblich beeinträchtigt. Auch die Arbeit von LOOMIS u.a. enthält keine derartigen Ergebnisse, da absteigende BAKn bei ihnen nicht vorkommen. DREW u.a. finden individuelle Unterschiede in der Antwort auf Alkohol nur bezüglich zwei psychologisch differenzierter Gruppen, die sie als "Extroverts" und "Introverts" bezeichnen. Die beiden Gruppen neigen zwar zu unterschiedlichem Verhalten in Geschwindigkeit, Fehlern und Lenkbewegung, zeigen aber keine Ergebnisse im Sinne einer unterschiedlichen Bewertung in der späten Phase. Die eigenen Vpn wurden nicht psychologisch differenziert.
Es zeigt sich hier wieder, daß nur eine stochastische Abhängigkeit zwischen BAK und Leistungsschädigung besteht, d.h. eine zwar statistisch nachweisbare aber

nicht gesetzesmäßige Abhängigkeit der einen Variablen von der anderen.

1 d) Als wesentliches Ergebnis der eigenen Arbeit erscheint, daß die Fahrfehlerhäufigkeit des Gesamtkollektivs bei den niedrigen BAKn von 0,8 bis 0,9 ‰ auf das 3,8fache $\pm$ 1,56 der Nüchternfahrfehlerzahl angestiegen ist. Ob dabei eine exponentielle Abhängigkeit besteht, konnte wegen der schon erwähnten geringen BAK-Spanne im Gegensatz zu LOOMIS u.a. und DREW u.a., die den Weg unterschiedlicher Alkoholbelastung gegangen sind, und ABELE nicht festgestellt werden.

Interessant sind in diesem Zusammenhang die Berechnungen FREUDENBERGs (1966) über den Zusammenhang zwischen BAK und Gefährlichkeit. Auf der Grundlage der statistischen Arbeiten von HOLCOMB (1938) in Evanston mit Unfallverletzten, SMITH und LUCAS (1955) in Toronto mit Unfallschuldigen und VAMOSI (1958) in Bratislava mit Unfallbeteiligten, die die Häufigkeitsverteilung von BAK-Werten der Unfällergruppe in Beziehung setzen zu derjenigen einer Gruppe weder aufgefallener noch verunglückter Fahrer des täglichen Straßenverkehrs, gelangt er (ohne Berücksichtigung der Gefährlichkeitsunterschiede nach dem Schweregrad des Unfalls) zu der Beziehung zwischen Gefährlichkeit G_a und BAK (a): $G_a = 4{,}5^a$, d.h. die G_a ist bei 0 ‰ gleich 1 und bei 1 ‰ gleich 4,5. Eine Bestätigung finden die relativ unvollkommenen Arbeiten von HOLCOMB, SMITH u.a. und VAMOSI in neuerer Zeit durch die sehr umfangreiche statistische Untersuchung von BORKENSTEIN u.a. (1964) in Grand Rapids. Die relative Wahrscheinlichkeit, einen Unfall zu verursachen, geben sie bei 0 ‰ mit 1, bei 0,8 ‰ mit etwa 3,5, bei 0,9 ‰

mit etwa 5, bei 1,0 ‰ mit etwa 6,5 und bei 1,2 ‰ mit etwa 12 an.

Sie kamen allerdings unter anderem zu dem ganz überraschenden, der vorherrschenden Meinung widersprechenden Ergebnis, daß Fahrer mit einer BAK von 0,1 - 0,4 ‰ eher eine etwas geringere Unfallwahrscheinlichkeit haben als völlig nüchterne Fahrer, die bei höheren BAKndann allerdings steil exponentiell ansteigt. BORKENSTEIN u.a. geben als Erklärung an, daß entweder Fahrer bei diesem Blutalkoholspiegel tatsächlich besser fahren als im Durchschnitt bei völliger Abwesenheit von Alkohol, oder Fahrer, die gerade soviel trinken, um eine BAK von 0,1 - 0,4 ‰ zu erreichen, aus irgendwelchen unerklärlichen Gründen einfach besser sind als durchschnittliche, nicht trinkende Fahrer.

Ähnliche Untersuchungen wie mit den drei oben zitierten Arbeiten führte FREUDENBERG an der Arbeit ABELEs durch. In dem von ABELE erfaßten BAK-Bereich ließ sich die Beziehung $F_a = 2{,}93^{a}$ zwischen Fehlerzahl (F_a) und BAK (a) nachweisen. Wenn auch keine unmittelbare Beziehung zwischen der Häufigkeit von Fahrfehlern in Versuchen und der Häufigkeit von Unfällen im Verkehr - beides in Abhängigkeit von der BAK - bewiesen werden kann, so scheinen doch beide weitgehend proportional zu sein (FREUDENBERG).

War auch die Ermittlung einer Beziehung von unterschiedlichen BAK-Werten und Fahrfehlerhäufigkeit in der eigenen Arbeit nicht möglich, so ist trotz der Einschränkungen FREUDENBERGs eine Gegenüberstellung der Zahlenwerte bemerkenswert, denn es ergeben sich überraschende zahlenmäßige Übereinstimmungen.

Eigene Arbeit:	BAK 0,8-0,9 ‰	3,8fache Fahrfehlersteigerung
FREUDENBERG:	BAK "	3,3-3,9fache Gefährlichkeit
BORKENSTEIN:	BAK "	3,5-5fache Unfallwahrscheinlichkeit.

Die Gegenüberstellung der Verlaufsuntersuchungen in echten und Modellfahrversuchen hat gezeigt, daß der Schädigungsverlauf der Gesamtkollektive nicht auf einen höheren Schädigungsgrad bei gleicher BAK während steigenden Blutalkohols im Vergleich zum fallenden Blutalkohol hinweist. Lediglich in einem Teil der eigenen Versuche ist diese Tendenz, von LOOMIS u.a. als MELLANBY-Phänomen bezeichnet, nachweisbar. Hier stellt sich die Frage, wie der Schädigungsverlauf in Bezug auf die BA-Kurve bei denjenigen Arbeiten aussieht, die nicht echte oder Modellfahrversuche sind. Kranken die oben genannten Arbeiten im wesentlichen daran, daß sie zu wirklichkeitsfremd sind, so trifft das für diese Versuche in noch höherem Maße zu. Trotzdem können diese Arbeiten vielleicht näheren Aufschluß über die Faktoren geben, die den Schädigungsverlauf bestimmen.

Besonders deutlich trat das MELLANBY-Phänomen bei den Versuchen, die BSCHOR mit 5 alkoholgewohnten Männern durchführte, hervor. Es wurde eine 30 %ige Alkohollösung gereicht, die in weniger als 30 Min. getrunken werden sollte. Die Belastung betrug 1,5 g pro kg Kgw. Der alkoholische Beeinflussungsgrad stieg zunächst steil an und fiel nach Durchlaufen des BAK-Max. fast schlagartig wieder ab. Der Leistungsausfall war in der Resorptionsphase stets um das Doppelte oder Vielfache höher als bei gleicher Konzentration in der Eliminationsphase (Überhöhungsphänomen, BSCHOR).

Ähnliche Ergebnisse, wenngleich nicht in demselben Ausmaß erzielten SCHELB (Gabe von 117 g Alkohol als 3,8%-igem Bier, Trinkzeit von 2,5 h, BAK-Max. zwischen 1,1 und 1,5 ‰), ELBEL (44-55 g Alkohol als 20-25 %iger Likör, Trinkzeit von 3-6 Min., BAK bis 1,3 ‰), DANGER (0,5-1,3 g Alkohol als 21-25 %iger Likör, Trinkzeit von 5-10 Min., BAK-Maxima zwischen 1,0 und 1,4 ‰), HJELT u. ALHA (0,75, 1,0, 1,25 g Alkohol pro kg Kgw als Schnaps innert 5 Min., BAK-Max. zwischen 0,8 und 1,5 ‰) sowie GRÜNER (1 g Alkohol pro kg Kgw in 30 %iger Lsg, Trinkzeit von 30 Min., BAK-Max. 1,2 ‰), SCHELB und DANGER mit nur 2 Vpn.

Nach BSCHOR lassen die aufgefundenen Schädigungsdifferenzen zwischen der Resorptions- und der Eliminationsphase ein "funktionales Prinzip" erkennen. Aus dem Gebiet der biochemischen Regulation ist bekannt, daß die Umstellungsgeschwindigkeit beim Übergang von einem bestimmten Konzentrationsniveau auf ein anderes Niveau wichtig ist. So sind z.B. hypoglykämische Symptome viel schwerer, wenn der Blutzuckerspiegel schnell absinkt. Neben der absoluten Höhe der Hirnalkoholkonzentration könne dann die Konzentrationserhöhung pro Zeit für die Ausprägung des Schädigungsgrades in der Resorptionsphase wesentlich sein.

Eine andere Möglichkeit der Interpretation ergeben die Untersuchungen HAGGARDs (1943), in denen er während der Resorptionsphase eine wesentlich höhere Alkoholkonzentration im Carotisvenenblut als im peripheren Venenblut fand. Im weiteren Intoxikationsverlauf glichen sich diese Differenzen dann aus. Er zog daraus den Schluß, daß die Alkoholkonzentration des Gehirns während der Resorptionsphase auf Grund seiner günstigen Blutversorgung höher ist, als die aus peripherem Venenblut gewonnenen Blutalkoholwerte erwarten lassen. Das Überhöhungsphänomen der Resorptionsphase wäre somit Ausdruck einer tatsächlich höheren Alkoholkonzentration des Gehirns.

Besonders im Zusammenhang mit den Ergebnissen BSCHORs sind Beobachtungen von EGGLETON (1941) zu erwähnen, der eine Abhängigkeit des Schädigungsgrades von der Anstiegsgeschwindigkeit des Blutalkohols feststellte. Bei gleicher BAK von 1 ‰ ergaben sich bei Anstiegsgeschwindigkeiten der BAK (‰/Min.) von 0,01/0,02/0,04/0,07 Leistungsabfälle von 6 %, 12 %, 29 %, 65 %. Ergebnisse im gleichen Sinne erbrachte eine Arbeit von NEWMAN u. ABRAMSON (1942).

Aus der Berechnung der Anstiegsgeschwindigkeit resultiert für die eigenen Versuche ein Wert von ungefähr 0,01 ‰ in der Minute, für die Versuche BSCHORs ein Wert von 0,04 ‰ pro Min. Es könnte durchaus sein, daß die wesentlich geringere Anstiegsgeschwindigkeit in den eigenen Versuchen als Faktor zum Fehlen einer starken initialen Schädigung beigetragen hat. Weiterhin muß man sicherlich berücksichtigen, daß die von BSCHOR erreichten BAK-Maxima mit 2 ‰ eindeutig über den eigenen von etwa 1 ‰ lagen.

Bei DREW u.a. und GRAF lagen die Anstiegsgeschwindigkeiten etwa bei 0,025 ‰ pro Min. für die 0,65 g pro kg Kgw Alkoholdosis bzw. 0,02 ‰ pro Min. bei 1 g pro kg Kgw. Die relativ niedrigen Anstiegsgeschwindigkeiten und BAK-Maxima allein erklären aber nicht das Fehlen einer starken initialen Schädigung, denn sie ist z.B. bei GRÜNER vorhanden bei ähnlicher Anstiegsgeschwindigkeit und BAK-Werten. Für LOOMIS u.a. ließen sich keine Anstiegsgeschwindigkeiten ermitteln.

Interessant ist eine Gegenüberstellung der Versuche ELBELs mit denen BSCHORs, da beide den ELBELschen Ringtest als Methode und einen wegen der kurzen Trinkzeiten sehr steilen BAK-Anstieg in der Resorptionsphase hatten. Bei den Versuchen mit BAK-Maxima bei 1,3 ‰ fand ELBEL einen ähnlichen Verlauf der Schädigung wie BSCHOR, bei einem Versuch mit geringerer Belastung, flacherem Anstieg und BAK-Max. bei 0,9 ‰ ergab sich ein Bild der Fehlerkurve, das einem Teil der eigenen Versuche gleicht. Die stärkste Schädigung trat zwar auch in der Anstiegsphase auf, es fehlte jedoch der steile Rückgang der Leistungsminderung nach Durchlaufen des BAK-Max.. Dagegen wies die Fehlerkurve ausgesprochene Schwankungen auf, so daß einzelne Kurvenzacken der späten Versuchsphase fast die Höhe des Schädigungsmaximums erreichten.

Bezieht man die experimentellen Arbeiten von GRÜNER und HJELT u. ALHA in die Betrachtung ein, so wird deutlich, daß neben der Art der Alkoholbelastung auch die zur Prüfung der Alkoholwirkung gewählten Methoden entsprechend den unterschiedlichen Leistungsspektren, die sie erfassen, Diskrepanzen in den Intoxikationsverläufen verschiedener Veröffentlichungen bedingen.

Die Blutalkoholkurven beider Arbeiten haben einen ähnlichen Verlauf mit Maxima von etwa 1,2 ‰ rund 90 Minuten nach TB. Im steilen Abschnitt beträgt bei beiden die Anstiegsgeschwindigkeit des Blutalkohols etwa 0,02 ‰ pro Minute. Die von HJELT u. ALHA untersuchten klinischen Symptome der Trunkenheit traten besonders stark in der Resorptionsphase auf, um dann bald nach Durchlaufen des BAK-Max. fast auf Null zurückzugehen, obwohl die BAK nicht wesentlich abgesunken war. Bei GRÜNER, der BOURDON-Test und Reaktionszeittest miteinander kombinierte, traten zwar auch die stärksten Ausfälle in der Resorptionsphase auf, sie zeigten dann im weiteren Verlauf aber nur eine langsame Verminderung.

Wenn es sich auch in diesen beiden wegen ihrer fast identischen BA-Kurven ausgewählten Arbeiten um recht extreme Beispiele handelt, kann doch nicht ausgeschlossen werden, daß die spezielle Methode der eigenen Arbeit ebenfalls ein besonderes Erscheinungsbild des Intoxikationsverlaufes mit sich bringt.

In der Gruppe der Arbeiten, die nicht auf Fahrversuchen beruhen, setzen sich am stärksten von den bisher mitgeteilten Arbeiten die Ergebnisse der Untersuchungen RAUSCHKEs ab, die in der Eliminationsphase größere Leistungsausfälle als in der Resorptionsphase aufweisen, und damit einem Teil der eigenen Ergebnisse entsprechen. Die Hauptursache für das Abweichen seiner Ergebnisse insbesondere gegenüber denen von BSCHOR sieht RAUSCHKE in der Auswahl der Vpn. In seinen Versuchen ebenso wie in den

eigenen handelt es sich um gelegentlich alkoholtrinkende, selbstkritische Akademiker bzw. Studenten, die Interesse am Versuch haben und Leistungswillen mit hinein bringen. Bei BSCHOR hingegen sind die Vpn ausgesprochene Alkoholiker, die dem Versuch nicht reflektiv gegenüber stehen und sich dem Test gegenüber neutral ohne Aufbietung eines besonderen Leistungswillens verhalten.

RAUSCHKE nimmt nun an, daß sich die Ermüdung bei Alkoholungewohnten in bedeutend höherem Maße bemerkbar macht als bei Trinkern, und die Steigerung der Leistungsminderung in der Ausscheidungsphase neben der toxischen Schädigung auf Ermüdungserscheinungen zurückzuführen ist. Diese Erklärung ist wahrscheinlich auch auf die eigenen Versuche anwendbar.

Es ist aber auch eine andere Erklärung denkbar. Schon bei den Kontrollversuchen war manchmal in der späten Versuchsphase der eigenen Versuche eine gewisse Ermüdung zu bemerken, die sich aber nicht in einem Nachlassen der Leistung am Fahrsimulator niederschlug. Diese nicht alkoholbedingte Ermüdung könnte in Kombination mit der Alkoholwirkung bei dem entsprechenden Teil der Versuche die verstärkten Ausfälle bei fallender BAK bewirkt haben, was als Folge der kummulierenden Wirkung von Ermüdung und Alkohol (ELBEL) anzusehen wäre.

Nach dem Leistungsschema MÜLLER-LIMMROTHs würde zu der verminderten physischen Leistungsfähigkeit infolge Ermüdung die Herabsetzung der Leistungsdisposition durch den Alkohol hinzutreten. Während die Ermüdung allein noch durch Inanspruchnahme der Leistungsreserven kompensiert werden kann, reichen die verbleibenden Leistungsreserven zur Kompensierung der Schädigung durch den Alkohol nicht mehr aus, so daß die Leistungsbereitschaft unter das zur Erfüllung der Aufgabe erforderliche Maß abfällt, und damit die Fahrfehlerzahl steigt.

Obwohl sich im arithmetischen Mittel der Fahrfehlerquotienten in der absteigenden BAK eine geringe Verbesserung gegenüber der Anstiegsphase zeigt (Tab. 4), ist sie zu geringfügig und läßt sich nach dem Wilcoxon Test nicht statistisch sichern. Hier sei darauf verwiesen, daß die oben angegebenen Autoren bei ihren Untersuchungen nur Mittelwertkurven angegeben haben und eine statistische Sicherung bei der z.T. geringen Anzahl der Versuche gar nicht möglich war. Außerdem ist zu bedenken, daß z.B. bei

den Versuchen von BSCHOR bei kurzen Trinkzeiten hohe Konzentrationen über 2 ‰ angestrebt wurden, bei denen sich ja die starke Leistungseinbuße bei steigendem Blutalkohol deutlich zeigen läßt. In diesem Zusammenhang ist schließlich noch interessant, daß HOFFMANN (1970) bei ähnlicher Versuchsanordnung und Blutalkoholkonzentration wie in den eigenen Versuchen mittels der Nystagmographie im Prinzip im absteigenden Schenkel der Blutalkoholkurve ebenfalls keine signifikante Leistungsverbesserungen finden konnte. Auf Grund dieser Ausführungen ist anzunehmen, daß sich durch eine Veränderung der Untersuchungstechnik (Trinkmenge, Zeitabstände) andere Verhältnisse ergeben können. Die hier mitgeteilten Ergebnisse sind für die Praxis deshalb von Bedeutung, weil bei den üblichen Trinksitten steile Blutalkoholkurven viel seltener zu erwarten sind. Bedenkt man dies, so wird man nicht generell davon ausgehen können, daß bei ähnlichen Verhältnissen, wie sie bei unseren Versuchen vorgelegen haben, die Beeinträchtigung der Fahrtüchtigkeit bei gleicher BAK bei steigendem Blutalkohol höher ist als bei fallendem.

2) Objektive Leistung und Leistungsgefühl

Im Verlauf der eigenen Versuche bildeten sich die Trunkenheitssymptome offenbar schneller zurück als die Leistungsminderung, eine Beobachtung, die gut in Einklang steht mit den oben verglichenen Arbeiten von GRÜNER und HJELT u. ALHA. Der Verlauf der Trunkenheitssymptomkurve scheint sich auf Grund der eigenen Erfahrungen mit dem Verlauf des subjektiven Beeinflussungsgefühls durch Alkohol zu decken. Dafür sprechen die Äußerungen einiger Vpn in der Zeit der frühen Alkoholfahrten, wonach sie sich "richtig besoffen" fühlten. In der späten Versuchs-

phase ergab sich ein anderes Bild. Das subjektive Befinden hatte sich sehr gebessert, die Leistung war im Gegensatz dazu nach wie vor stark verschlechtert. Beobachtungen im gleichen Sinne machten auch LOOMIS u. WEST.

Aus den eingangs erwähnten Gründen konnten weder die Trunkenheitssymptome systematisch erfaßt noch psychologische Tests zur Ergänzung der Versuchsanordnung durchgeführt werden. Die Grundlage des hier Besprochenen bilden zum größeren Teil Beobachtungen des Versuchsleiters am Rande bzw. spontane Äußerungen der Vpn, die sich zu einem Gesamtbild abrundeten.

Einige Vpn äußerten während steigender BAK, daß sie in realer Lebenssituation bei gleich starkem Trunkenheitsgefühl sicher in kein Auto steigen würden. Aussagen dieses Inhaltes wurden in der Abstiegsphase nicht mehr gemacht. Daraus ergibt sich, daß möglicherweise gerade die Phase des fallenden Blutalkohols dadurch gefährlich wird, daß das die Funktion eines Warnsignals besitzende subjektive Trunkenheitsgefühl schneller abnimmt als die Leistungsschädigung und der Alkoholisierte in dieser Zeit bei normalem subjektiven Leistungsgefühl eine verminderte objektive Leistungsfähigkeit hat. In der Phase der steigenden BAK dagegen, in der viele Autoren u.a. BSCHOR, GRUNER, ALHA und GERCHOW u. WITTLICH die stärkste Leistungsschädigung lokalisieren, könnte das starke subjektive Trunkenheitsgefühl als Warnsignal dienen und von einer Fahrt abhalten. Inwieweit das in der realen Lebenssituation der Fall ist, muß dahingestellt bleiben. Vielleicht gilt diese Feststellung auch nur für kritische sich selbst beobachtende Vpn in Versuchssituation und ist letztlich kollektiv-gebunden.

3 a,b) Blutalkoholkurve und Lenkbewegung

Im Gegensatz zur Schädigung ist in der eigenen Arbeit die Lenkbewegung im Rahmen des Gesamtkollektivs bereits bei steigender BAK maximal erhöht und liegt hier eindeutig höher als bei fallender BAK. Die Steigerung der Lenkbewegung scheint der Schädigung also etwas vorauszueilen. Für die Lenkbewegung liegt demnach ein "funktionales Prinzip" (BSCHOR) vor.

Abweichend zu ABELE gestattete die Aufzeichnung der Lenkbewegung als Effektivwert nicht ihre Differenzierung in Größe und Anzahl. Aber wie in den eigenen Ergebnissen findet sich auch bei ABELE der stärkste Anstieg der Ausschlagsummen in der späten Phase der steigenden BAK und bei maximaler BAK. Hier muß freilich berücksichtigt werden, daß ABELE echte Fahrversuche durchführte, die kaum mit den eigenen Versuchen vergleichbar sind. Die Art der Lenkbewegungen am Fahrsimulator wich vom Lenken eines richtigen Kraftfahrzeuges ab. Bei DREW u.a. zeigte die Lenkbewegung wie auch die Schädigung einen Verlauf, der in Anstieg und Abfall der Blutalkoholkurve ähnlich war. Eine Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse bzw. das Voreilen der Lenkbewegung gegenüber der Schädigung konnte nicht gefunden werden.

4) Lenkbewegung und Leistung

Untersucht wird in den eigenen Versuchen auch die Beziehung zwischen Lenkbewegung einerseits, sowie Fahrfehlerzahl und Spurabweichung andererseits, mit anderen Worten, die Beziehung zwischen Lenkbewegung und Leistung.

In den Nüchternfahrten war keine Beziehung nachweisbar, was dafür spricht, daß bei unterschiedlicher Lenkweise gleich gute Ergebnisse erzielt werden können. Dagegen konnten DREW u.a. eine U-förmige Beziehung nachweisen mit einem Lenkbewegungsoptimum. Größere oder kleinere Lenkbewegungen verursachten höhere Fahrfehlerzahlen. Unter Alkohol nahm bei DREW u.a. die Lenkbewegung zu, und es war eine Beziehung zur Fahrfehlerzahl nachweisbar, die mit den eigenen Ergebnissen übereinstimmt. DREW u.a. vermuten, daß die zeitliche Abstimmung im Ansetzen der Lenkbewegung ("timing") durch Alkohol in Unordnung gerät. Von Bedeutung können hier aber auch die von BOHNE, LUFF u. TRAUTMANN (1957) am Zweihandprüfgerät gefundenen und von RAUSCHKE am gleichen bestätigten Störungen des Koordinations- und Synchronisationsvermögens beider Hände als Folge einer Beeinträchtigung der Tiefensensibilität sein.

5) Nüchternleistung und alkoholbedingte Leistungsschädigung

Es wurde in der eigenen Arbeit die Beobachtung gemacht, daß einige Vpn mit guten Ergebnissen aus den Nüchternfahrten unter Alkohol unverhältnismäßig starke Verschlechterung aufwiesen. Zwei hauptsächliche Faktoren scheinen an der Entstehung dieses Ergebnisses beteiligt zu sein, und zwar zwei Faktoren, die ihre Wurzel in der Art des bei diesem Fahrsimulator verwandten Störgrößengebers (Abb. 3) haben.

Wie berichtet, betrug das Störgrößenangebot 220 Störgrößen pro 10 Minuten. Von den 220 Störgrößen waren 20 (R,L) von besonderer Intensität (siehe Methodik), so daß

hier die meisten Fahrfehler gemacht wurden. Im Bereich der restlichen "kleinen" Störgrößen gab es nur relativ wenige Abschnitte, an denen Fahrfehler verursacht wurden. Das war an denjenigen Stellen der Fall, wo zeitliche Aufeinanderfolge und Ausschlagsrichtung des Zeigers ungünstig konstelliert waren. Die Vpn mit hohen Nüchternfahrfehlern verursachten diese, abgesehen von den gerade beschriebenen Stellen, insbesondere an den 20 Störgrößen (R,L). Die einzige Möglichkeit, Fahrfehler an diesen besonders "gefährlichen" Stellen zu verhindern, bestand darin, sich die Störungsfolge möglichst gut einzuprägen und sich auf dieser Grundlage eine Vorausschau zu entwickeln, womit man imstande war, durch frühzeitiges Steuern entgegen der erwarteten Ausschlagsrichtung des Zeigers, die besonders starken Ausschläge abzufangen. Zur Veranschaulichung könnte man das Fahrerkollektiv in zwei Gruppen aufgliedern: 1. Fahrer, die dazu unfähig waren, Vorausschau zu entwickeln und beim größten Teil der beschriebenen Störgrößen Fahrfehler verursachten, also etwa 20 Fehler, 2. Fahrer, die über die Fähigkeiten der ersten Fahrergruppe hinaus Vorausschau entwickelten und dadurch die Möglichkeit hatten, weit weniger als 20 Fahrfehler zu machen. Zwischen beiden Gruppen gibt es Übergänge, die dem mittleren Fahrfehlerbereich entsprechen. Die Leistung der zweiten Fahrergruppe war komplexer und von höherem Niveau.

Unter Alkohol verloren die Fahrer der zweiten Gruppe die Vorausschau, wie auch aus entsprechenden Äußerungen einiger Vpn zu entnehmen war. Da aber die Vorausschau den wesentlichen Faktor zur Unterbietung der 20-Fehlergrenze bildete, bedeutete ihr Verlust die Beseitigung des bei den Nüchternfahrten beobachteten Leistungsvorteils der zweiten Fahrergruppe. Darüber hinaus wurden die beiden Fahrergruppen dann in gleichem Maße geschädigt.

Dieses Ergebnis bestätigt auch Beobachtungen früherer Arbeiten (u.a. VOGEL, 1958), nach denen differenzierte, komplexere Leistungen für Alkohol anfälliger und nicht so wirksam durch Kompensation in ihrem Niveau zu halten sind wie einfache Leistungen. Es wäre aber auch möglich, daß die Entwicklung zu einer "guten" Testperson nicht nur besondere Begabung für die Aufgabe zur Voraussetzung hat, sondern auch eine relativ höhere Leistungsbereitschaftsaktivierung im Sinne MÜLLER-LIMMROTHs. Die stärkere Verschlechterung der zweiten Fahrergruppe könnte man dann auch als Folge der von vornherein kleineren Leistungsreserve dieser Gruppe auffassen.

6) Das Verhalten der Geschwindigkeit

Die "erreichte Fahrgeschwindigkeit" blieb in den eigenen Versuchen weitgehend unverändert, was mit den Versuchen GRAFs in Einklang steht. ABELE stellte eine Abnahme der Fahrgeschwindigkeit fest, die sich am stärksten während des steigenden und am schwächsten während des fallenden Blutalkohols bemerkbar machte. HUBER stellte bei echten Fahrversuchen Steigerung wie Drosselung der Geschwindigkeit fest. Die mittlere Geschwindigkeit bei DREWs u.a. zeigte keine signifikanten Änderungen, im Einzelfall bestanden Abweichungen nach unten und oben. Die stark voneinander abweichenden Ergebnisse haben wahrscheinlich ihre Ursache in der Verschiedenheit der angewandten Methoden. So kam in den eigenen Versuchen ein Geschwindigkeitsgefühl, wie man es in einem fahrenden Auto empfindet, nicht auf. Es fehlten auch die Gefahren einer echten Fahrt, wie sie die Versuche von HUBER und ABELE enthielten. Die Methode bot darüber hinaus auch keine Reizgrößen, die einen Geschwindigkeitswechsel stimulierten oder sogar notwendig machten, wie z.B. bei

LOOMIS u.a. die Lichtsignale. Als weiterer Faktor zur Erklärung der eigenen Ergebnisse muß angesehen werden, daß jede Vp sich auf eine bestimmte Geschwindigkeit spezialisierte und diese bei Beginn jedes Einzeltests neu einstellte. Insgesamt gesehen scheint sich hier in besonders hohem Maße das "Versuchsmäßige" als wesentlich ausgewirkt zu haben.

7) Gleichmäßigkeit der Leistung unter Alkohol

Die Leistungskurven, die in ihrem Verlauf während der Alkoholisierungsphase tiefe Zacken aufweisen, zeigen, daß der Alkoholisierte nicht imstande ist, eine gleichmäßige Leistung zu vollbringen. Diese Feststellung hat deshalb eine besondere Bedeutung, weil die Blutalkoholkurven im Gegensatz dazu einen gleichmäßigen plateauartigen Verlauf zeigen und daher praxisnäher liegen dürften als die anderer Verlaufsuntersuchungen. Auch ABELE berichtet über ein Absinken der Gleichmäßigkeitsleistung unter Alkohol, wobei er aber nicht die Fahrfehler, sondern Veränderungen des Verhaltens beim Bremsen und Beschleunigen zugrunde legt.

Ein wichtiger Gesichtspunkt ergibt sich in diesem Zusammenhang bei Betrachtung des Versuchs 20. Diese Vp war fast besessen von dem Wunsche, nach Alkoholgenuß weniger Fahrfehler zu machen als vorher. Da ein Täuschungsversuch nicht angenommen wird, muß erwogen werden, ob nicht übergeordnete Spontanimpulse (BSCHOR) hier die toxische Alteration durchbrochen haben. Durch bestimmte Motivationen kann offenbar die Leistung unter Alkohol gesteigert werden, aber nicht über längere Zeit. Die Beobachtung, daß einige Vpn manchmal minutenlang wenig und dann

plötzlich in sehr kurzer Zeit viele Fahrfehler verursachten, könnte in die gleiche Richtung weisen. Nur, daß es in dem oben genannten Falle einmal gelang, die Alkoholwirkung während der ganzen 10 Minuten einer Testfahrt zu überwinden.

ZUSAMMENFASSUNG

An einem Kollektiv von 30 studentischen Vpn wurde bei einer Belastung von 1 g Alkohol pro kg Körpergewicht in Form von 3,7 %igem Bier die Beziehung zwischen Blutalkoholkurve und Fahrverhalten an einem Autosimulator des Institutes für Kraftfahrzeuge der Technischen Universität Berlin untersucht.

Jeder einzelne Hauptversuch erstreckte sich über eine Zeit von fünfeinhalb Stunden und bestand aus 16 Einzelfahrten a 10 Minuten (5 "Nüchtern"-Einzelfahrten, 11 "Alkohol"-Einzelfahrten). Der Verlauf der Blutalkoholkurve wurde an Hand von 10 Blutentnahmen im Abstand von 20 Minuten verfolgt, wobei die Abstände zum Beginn und zum Ende jeder einzelnen Alkoholperiode von diesem Schema etwas abwichen. Nach ihrem Verlauf wurde jeder Hauptversuch in vier Abschnitte unterteilt: Nüchtern, steigende BAK, BAK-Max., fallende BAK. Entsprechend dem Verhalten der Blutalkoholkurve wurden dabei in den Abschnitten jeweils 2 - 5 Blutentnahmen zusammengefaßt. Es wurden registriert: Fahrfehlerzahl, Spurabweichung, Lenkbewegung, Geschwindigkeit. Die Ergebnisse waren:

Für die Blutalkoholkurven war der flache, plateauhafte Verlauf typisch. Fälle mit ausgeprägtem Maximum waren in der Minderzahl. Die Durchschnittswerte der BAKn für die einzelnen Abschnitte betrugen für die steigende BAK 0,81 ‰, für das BAK-Max. 0,97 ‰ und für die fallende BAK 0,87 ‰.

Die aus 30 Hauptversuchen ermittelte Durchschnittsleistung (Fehlerzahl, Spurabweichung) war in den drei Alkoholabschnitten gegenüber dem Nüchternabschnitt (13,7 Fahrfehler) eindeutig verschlechtert. Am deut-

lichsten trat die Verschlechterung im Abschnitt BAK-Max. (52,7 Fahrfehler) auf. Die Leistungsminderungen bei steigender (45,7 Fahrfehler) und fallender BAK (45,0 Fahrfehler) waren etwas geringer und hielten sich etwa die Waage. Bei fallender BAK zeigten 11 Vpn bessere und ebenfalls 11 Vpn schlechtere Leistungen als bei steigender BAK. Das Ergebnis ist deshalb bedeutungsvoll, weil es in Übereinstimmung mit anderen Arbeiten anzeigt, daß schon bei niedrigen BAKn um 1 ‰ mit einer ganz entscheidenden Beeinträchtigung der Leistung zu rechnen ist. Als wesentliches Ergebnis kommt hinzu, daß im hier untersuchten Teil der Blutalkoholkurve mit praxisnah flachem Verlauf auch hinsichtlich der Leistungsschädigung keine großen Unterschiede auftreten. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß beim Vorliegen höherer BAKn und BAK-Gradienten sowie der Erfassung der frühen ansteigenden und späten fallenden BAKn, die hier aus versuchstechnischen Gründen nicht untersucht wurden, doch Unterschiede auftreten. Der Durchschnittswert der "Alkohol"-Einzelfahrten ergab eine 3,8 $\pm$ 1,56fache Erhöhung der Fahrfehlerzahl gegenüber den Nüchternwerten.

Dem starken Trunkenheitsgefühl in der frühen Alkoholisierungsphase bei schlechter Leistung stand ein relativ gutes Allgemeinbefinden in der späten Alkoholisierungsphase bei weiterhin schlechter Leistung gegenüber. Wegen der falschen Selbsteinschätzung ist diese Phase möglicherweise besonders gefährlich, da hier das Trunkenheitsgefühl als Warnfaktor weitgehend fehlt.

Im Gegensatz zu der im BAK-Max. am stärksten geschädigten Durchschnittsleistung ist die aus 30 Hauptversuchen ermittelte Durchschnittslenkbewegung schon bei steigender BAK maximal erhöht. Die Steigerung der Lenkbewegung

scheint damit der Steigerung der Leistungsschädigung vorauszueilen. Das Ausmaß der Lenkbewegung liegt bei steigender BAK eindeutig höher als bei fallender BAK.

In den Nüchternfahrten bestand keine Beziehung zwischen Lenkbewegung und Leistung. Dagegen trat unter Alkohol eine direkte Proportionalitätsbeziehung zwischen dem Ausmaß der Lenkbewegung und der Leistungsschädigung auf. In der Nüchternphase scheinen demnach größere oder kleinere Lenkbewegungen Ausdruck unterschiedlicher Fahrweise bei gleich guten Leistungen zu sein, während unter Alkohol die erhöhte Lenkbewegung Ausdruck einer Schädigung ist, die eine schlechtere Fahrleistung zur Folge hat.

Bei einem Teil der Vpn mit besonders guter Nüchternleistung zeigte sich unter Alkohol eine besonders starke Fehlerzunahme. Dies deutet darauf hin, daß differenzierte Leistungen durch Alkohol besonders stark geschädigt werden.

Im Gegensatz zu den Untersuchungen anderer Autoren blieb die "Geschwindigkeit" weitgehend konstant. Als Ursache hierfür sind die besonderen Gegebenheiten des hier verwandten Fahrsimulators anzusehen.

Trotz des erwähnten praxisnah flachen Verlaufes der Blutalkoholkurve ohne extreme Zacken, wiesen die Leistungskurven oft tiefe Zacken auf. Das beweist, daß der Alkoholisierte nicht imstande ist, eine gleichmäßige Leistung über einen längeren Zeitabschnitt zu vollbringen.

Fahrten	Uhrzeit von - bis	Pausen von - bis	Blutentnahmen Soll-zeit	Min. n. TB
1.Nüchtern-fahrt	7.30-7.40			
		7.40-7.45		
2.NF	7.45-7.55			
		7.55-8.00		
3.NF	8.00-8.10			
		8.10-8.20	8.15	NB
4.NF	8.20-8.30			
		8.30-8.35		
5.NF	8.35-8.45			
Trinkzeit: 8.45(TB)-9.35(TE)				
			9.35	50
1.Alkohol-fahrt	9.35-9.45			
		9.45-9.55	9.45	60
2.AF	9.55-10.05			
		10.05-10.15	10.05	80
3.AF	10.15-10.25			
		10.25-10.35	10.25	100
4.AF	10.35-10.45			
		10.45-10.55	10.45	120
5.AF	10.55-11.05			
		11.05-11.15	11.05	140
6.AF	11.15-11.25			
		11.25-11.35	11.25	160
7.AF	11.35-11.45			
		11.45-11.55	11.45	180
8.AF	11.55-12.05			
		12.05-12.15	12.05	200
9.AF	12.15-12.25			
		12.25-12.35		
10.AF	12.35-12.45			
		12.45-12.55		
11.AF	12.55-13.05			
			13.05	260

Tab. 1: Schema eines Hauptversuches

Vpn	Alter	Länge (cm)	Gewicht (kg)	Bier (l)
1	20	178	62,5	1,68
2	26	180	68	1,83
3	21	176	78	2,10
4	23	178	62,5	1,68
5	26	182	72	1,94
6	26	193	71	1,91
7	21	183	84	2,26
8	24	182	65	1,75
9	25	191	76	2,05
10	25	179	65	1,75
11	20	181	79	2,13
12	25	170	69	1,86
13	21	174	62	1,67
14	21	178	60,5	1,63
15	21	170	53	1,42
16	20	185	72	1,94
17	23	177	68	1,83
18	20	175	76	2,05
19	23	171	69	1,86
20	20	187	78,5	2,12
21	20	187	81	2,18
22	24	187	78	2,10
23	25	180	77,5	2,08
24	26	179	70	1,88
25	27	177	74	1,99
26	25	180	81	2,18
27	24	187	81	2,18
28	27	188	71	1,91
29	22	183	76	2,05
30	25	189	81	2,18

Tab. 2: Daten der Versuchspersonen
(Vp. 1 hat den 1. Hauptversuch durchgeführt usw.)

Haupt-versuch	$\bar{B}_1$ (‰)	$\bar{B}_2$ (‰)	$\bar{B}_3$ (‰)
1	0,59	0,79	0,78
2	0,78	0,99	0,91
3	0,87	1,06	0,96
4	0,97	1,02	0,90
5	0,71	0,90	0,81
6	0,81	0,72	0,60
7	0,82	1,01	0,93
8	0,82	0,92	0,84
9	1,02	1,00	0,78
10	0,62	0,87	0,85
11	0,89	1,11	1,05
12	0,86	0,97	0,86
13	0,71	0,92	0,82
14	0,74	0,92	0,85
15	0,79	1,01	0,83
16	0,87	1,03	0,91
17	0,71	0,94	0,85
18	0,81	0,93	0,87
19	0,84	1,03	0,95
20	0,97	1,01	0,84
21	0,92	1,07	0,94
22	0,57	0,85	0,78
23	0,82	0,77	0,60
24	0,87	0,99	0,90
25	0,79	1,00	0,92
26	0,81	1,00	0,96
27	0,89	1,10	1,00
28	0,81	1,01	0,87
29	0,79	0,94	0,83
30	0,94	1,11	1,01
	$\bar{B}_{1\ \text{Koll.}}$ 0,81	$\bar{B}_{2\ \text{Koll.}}$ 0,97	$\bar{B}_{3\ \text{Koll.}}$ 0,87

Tab. 3: Mittlere Blutalkoholkonzentrationen der drei Alkoholabschnitte.

HV	$\bar{F}_0$	$\bar{F}_1$	$\bar{F}_2$	$\bar{F}_3$	$\bar{F}_1:\bar{F}_0$	$\bar{F}_2:\bar{F}_0$	$\bar{F}_3:\bar{F}_0$	$\bar{F}_{Alk.ges.}:\bar{F}_0$
1	4,8	31,5	40,4	25,0x	6,6	8,4	5,2	7,2
2	6,4	15,5	23,0	18,8	2,4	3,6	2,9	2,9
3	7,2	34,8	36,0	17,5	4,8	5,0	2,4	4,0
4	7,2	51,0	46,5x	32,5	7,1	6,5	4,5	5,9
5	7,4	17,5	12,3	8,8	2,4	1,7	1,2	1,6
6	7,6	42,7	43,0x	38,7	5,6	5,6	5,1	5,5
7	7,8	44,3	57,0	50,3	5,7	7,3	6,5	6,6
8	8,8	42,0	46,6	37,0	4,8	5,3	4,2	4,8
9	9,0	36,0	30,2x	25,8	4,0	3,4	2,9	3,3
10	9,0	46,0	48,7	48,7x	5,1	5,4	5,4	5,3
11	9,8	33,0	31,7	28,5	3,4	3,2	2,9	3,2
12	10,2	56,5	69,7	67,2	5,5	6,8	6,6	6,5
13	10,2	51,7	70,2	30,7	5,1	6,9	3,0	5,3
14	10,6	22,0	23,2	18,5	2,1	2,2	1,7	2,0
15	11,4	55,7	65,5	59,8	4,9	5,8	5,2	5,2
16	12,0	30,5	35,5	26,6	2,5	3,0	2,2	2,5
17	12,4	34,7	35,0	22,0	2,8	2,8	1,8	2,3
18	15,4	61,5	78,4	71,7	4,0	5,1	4,6	4,8
19	16,2	66,3	91,3	59,8	4,1	5,7	3,7	4,5
20	16,4	27,0	39,3x	32,3	1,6	2,4	2,0	2,1
21	17,4	50,5	64,7	51,7	2,9	3,7	3,0	3,2
22	18,2	37,5	37,3	31,0	2,1	2,1	1,7	2,0
23	19,4	64,3	65,5x	50,3	3,3	3,4	2,6	3,1
24	20,6	39,0	37,3	45,6	1,9	1,8	2,2	2,0
25	21,2	47,0	68,3	81,8	2,2	3,2	3,9	3,4
26	22,0	68,0	82,3	74,3	3,1	3,7	3,4	3,4
27	22,0	67,7	53,8	47,8	3,1	2,4	2,2	2,5
28	22,6	51,5	58,3	64,5	2,3	2,6	2,9	2,6
29	23,8	88,3	101,3	92,4	3,7	4,2	3,9	3,9
30	24,8	55,5	89,0	91,2	2,2	3,6	3,7	3,4
	$\bar{F}_0$ Koll.	$\bar{F}_1$ Koll.	$\bar{F}_2$ Koll.	$\bar{F}_3$ Koll.	$\bar{F}_1:\bar{F}_0$ Koll.	$\bar{F}_2:\bar{F}_0$ Koll.	$\bar{F}_3:\bar{F}_0$ Koll.	$\bar{F}_{Alk.ges.}:\bar{F}_0$ Koll.
	13,7 ± 6,2	45,7 ±16,6	52,7 ±22,2	45,0 ±22,7	3,71	4,22	3,45	3,83 ±1,56

Tab. 4: Mittlere Fahrfehler und Fahrfehlerquotienten der einzelnen Hauptversuchsabschnitte.

HV	$\bar{S}_0$	$\bar{S}_1$	$\bar{S}_2$	$\bar{S}_3$	$\bar{S}'_1$(%)	$\bar{S}'_2$(%)	$\bar{S}'_3$(%)
1	37,4	52,0	55,8	49,3x	39,0	49,2	31,9x
2	38,4	45,3	49,3	47,5	18,0	28,4	23,7
3	43,8	56,3	54,3	48,3	28,5	24,0	10,3
4	43,8	60,0	57,3x	56,0	37,0	30,8x	27,9
5	48,6	48,5	47,2	48,6	-0,2	-2,9	0,0
6	49,8	59,5	58,6x	54,0	19,9	17,7x	8,4
7	39,8	54,7	63,8	59,3	37,4	60,3	49,0
8	49,2	65,0	64,2	60,5	32,1	30,5	23,0
9	41,4	51,5	49,8x	46,5	24,4	20,3x	12,3
10	42,8	57,6	58,7	56,0x	34,6	37,2	30,8x
11	41,0	51,0	54,3	49,3	24,4	32,4	20,2
12	42,0	59,5	65,7	64,2	41,7	56,4	52,9
13	52,4	61,0	65,8	58,7	16,4	25,6	12,0
14	47,0	53,0	53,4	48,0	12,8	13,6	2,1
15	45,4	60,3	69,5	63,8	32,8	53,1	40,5
16	38,4	48,0	52,3	49,2	25,0	36,2	28,1
17	39,2	50,3	53,0	50,2	28,3	35,2	28,1
18	40,8	61,0	66,2	64,3	49,5	62,3	57,6
19	42,4	62,0	77,7	63,0	46,2	83,3	48,6
20	52,8	59,3	59,0x	56,0	12,3	11,7x	6,1
21	48,4	58,5	60,0	57,2	20,9	24,0	18,2
22	42,2	53,3	54,3	54,0	26,3	28,7	28,0
23	48,0	63,0	60,5x	58,3	31,3	26,0x	21,5
24	43,4	53,5	50,8	53,4	23,3	17,1	23,0
25	50,4	61,0	68,7	80,2	21,0	36,3	59,1
26	47,0	61,0	64,0	65,1	29,8	36,2	38,5
27	40,4	58,3	53,8	51,3	44,3	33,2	27,0
28	52,6	57,3	64,0	62,3	8,9	21,7	18,4
29	45,4	64,3	68,7	70,4	41,6	51,3	55,1
30	46,4	60,0	71,0	81,0	29,3	53,0	74,6
	$\bar{S}_0$ Koll.	$\bar{S}_1$ Koll.	$\bar{S}_2$ Koll.	$\bar{S}_3$ Koll.	$\bar{S}'_1$(%) Koll.	$\bar{S}'_2$ Koll.	$\bar{S}'_3$ Koll.
	44,7 ± 4,5	56,9	59,7	57,9	27,9	34,4	29,3

Tab. 5: Mittlere Spurabweichung und ihre prozentuale Steigerung ($\bar{S}'_{1,2,3}$) in den Hauptversuchsabschnitten.

HV	$\bar{L}_0$	$\bar{L}_1$	$\bar{L}_2$	$\bar{L}_3$	$\bar{L}'_1$(%)	$\bar{L}'_2$(%)	$\bar{L}'_3$(%)
1	50,4	55,5	55,2	55,0x	10,1	9,5	9,1x
2	51,8	56,0	55,3	55,8	8,1	6,8	7,7
3	50,2	54,8	55,7	49,8	9,2	11,0	-0,8
4	55,8	63,0	63,0x	60,0	13,0	13,0x	7,5
5	53,2	52,0	49,5	48,2	-2,3	-7,0	-9,4
6	48,6	52,7	50,2x	51,0	8,4	3,3x	4,9
7	53,4	60,0	58,6	55,7	12,4	9,7	4,3
8	52,8	51,0	49,0	47,5	-3,4	-7,2	-10,0
9	57,0	64,0	57,4x	55,0	12,3	0,7x	-3,5
10	49,6	54,8	54,7	54,0x	10,5	10,3	8,9x
11	55,8	59,3	57,0	54,8	6,3	2,2	-1,8
12	54,2	59,0	60,0	59,2	8,9	10,7	9,2
13	52,4	56,7	58,0	59,0	8,2	10,7	12,6
14	44,4	50,0	49,6	46,3	12,6	11,7	4,3
15	50,8	56,0	55,0	54,5	10,2	8,3	7,3
16	50,8	53,5	50,5	48,8	5,3	-0,6	-3,9
17	52,4	54,7	55,0	51,4	4,4	5,0	-2,0
18	52,4	63,0	63,8	64,7	20,2	21,8	23,5
19	52,0	58,0	59,0	54,8	11,5	13,5	5,4
20	48,6	49,3	50,3x	49,8	1,4	3,5x	2,5
21	68,6	70,5	69,3	71,5	2,8	1,0	4,2
22	54,0	54,0	54,8	52,3	0,0	1,5	-3,1
23	54,6	64,7	62,8x	60,8	18,4	15,0x	11,4
24	55,4	57,5	59,8	58,0	3,8	7,9	4,7
25	48,6	52,0	53,7	52,8	7,0	10,5	8,6
26	60,6	68,5	69,3	66,0	13,3	14,4	8,9
27	55,8	64,3	61,8	58,8	15,2	10,8	5,4
28	52,4	52,5	49,3	50,3	0,2	-5,9	-4,0
29	56,6	66,3	64,3	63,6	17,1	13,6	12,4
30	56,0	58,5	60,0	60,7	4,5	7,1	8,4
	$\bar{L}_{0Koll.}$	$\bar{L}_{1Koll.}$	$\bar{L}_{2Koll.}$	$\bar{L}_{3Koll.}$	$\bar{L}'_{1Koll.}$	$\bar{L}'_{2Koll.}$	$\bar{L}'_{3Koll.}$
	53,3 ± 4,4	57,7	57,1	55,7	8,3	7,1	4,4

Tab. 6: Mittlere Lenkbewegung und ihre prozentuale Steigerung ($\bar{L}'_{1,2,3}$) in den Hauptversuchsabschnitten.

Vergleich von	Vergleich nach	Zunahmen	Konstante Werte	Abnahmen
S_0	S_1	29	1	0
S_0	S_2	24	1	0
S_0	S_3	26	2	0
S_1	S_2	17	5	3
S_2	S_3	4	3	16
S_1	S_3	11	6	11

a)

L_0	L_1	25	4	1
L_0	L_2	18	4	3
L_0	L_3	18	4	6
L_1	L_2	3	14	8
L_2	L_3	1	10	12
L_1	L_3	3	6	19

b)

Tab. 7: Auszählungsergebnis für Spurabweichung (a) und Lenkbewegung (b) beim Vergleich der einzelnen Hauptversuchsabschnitte.

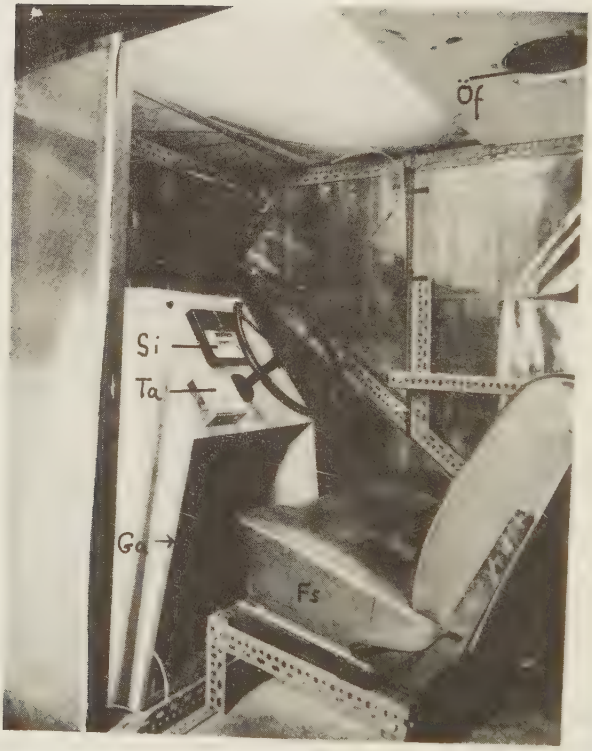


Abb. 1: Kabine mit Fahrstand

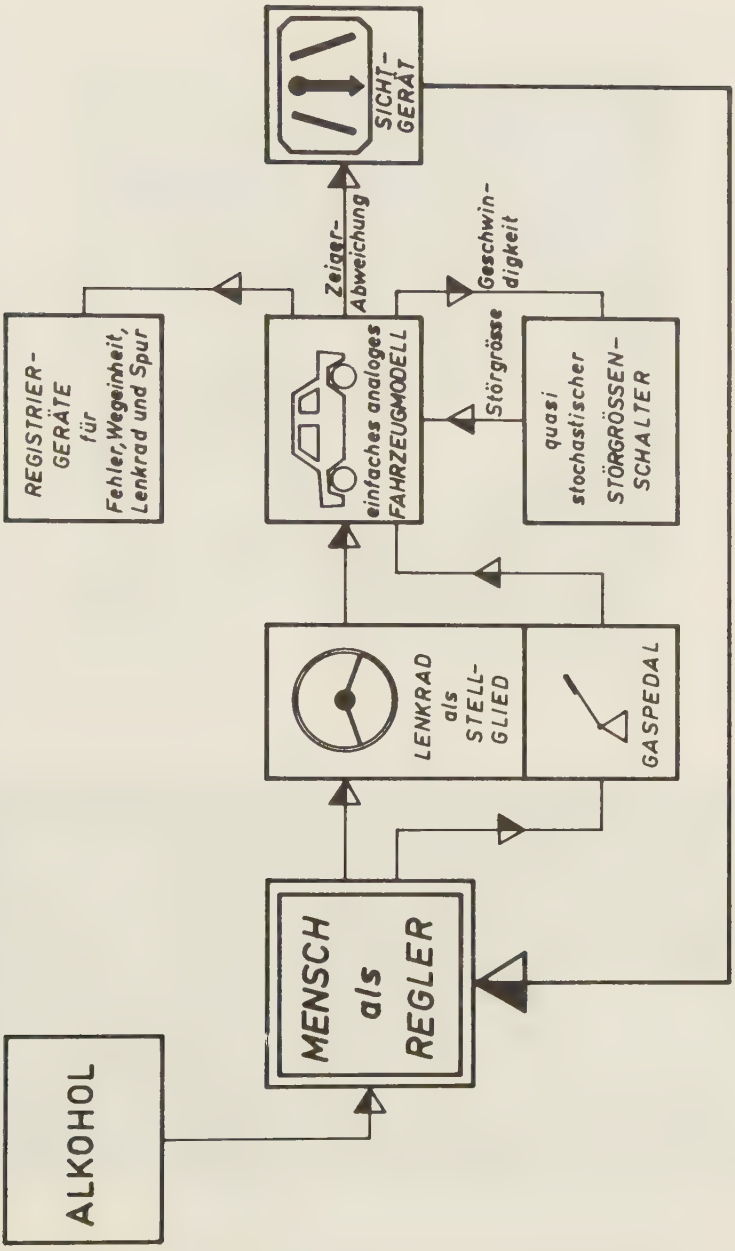


Abb. 2: Schematische Darstellung des Fahrsimulators

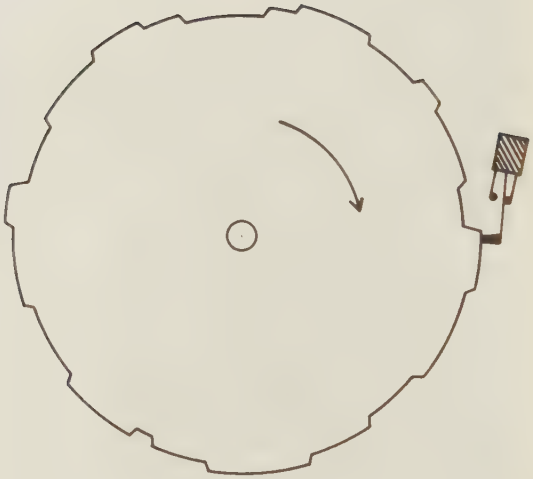


Abb. 3: Schematische Darstellung von Nockenscheibe und Schalter

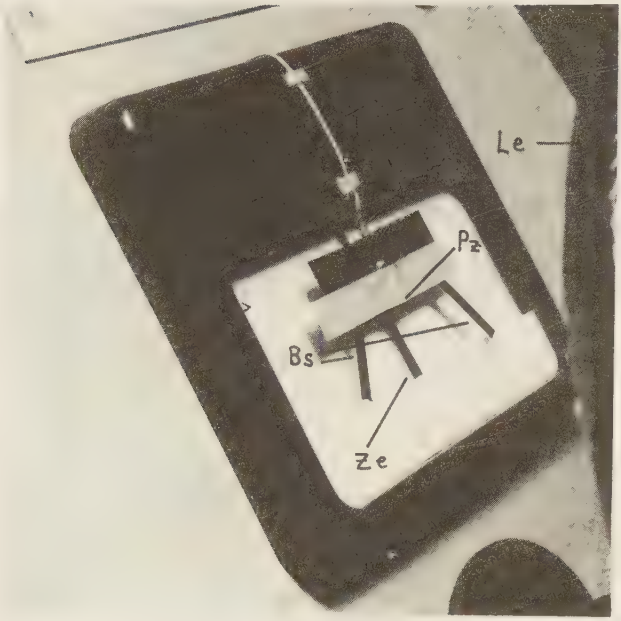


Abb. 4: Sichtgerät

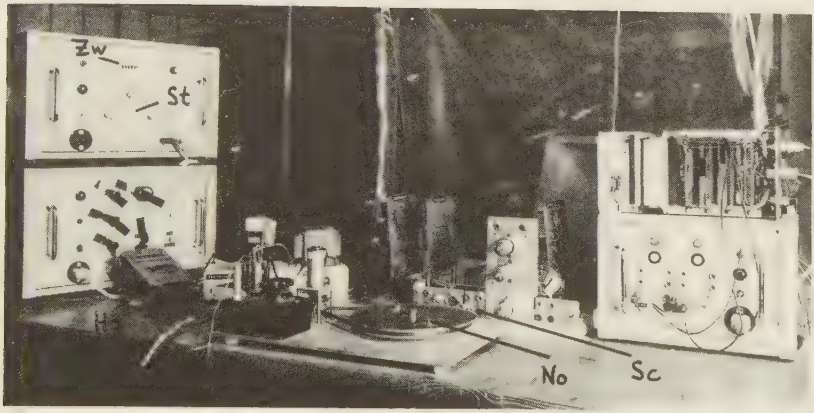


Abb. 5: Kontrollstand des Versuchsleiters

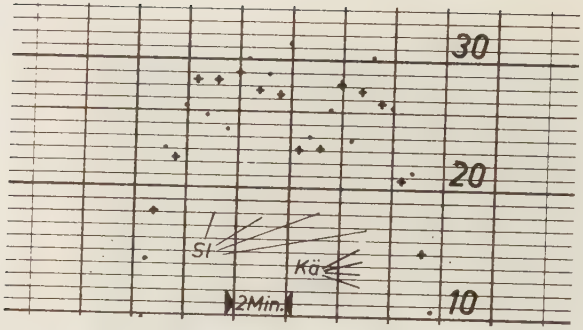


Abb. 6

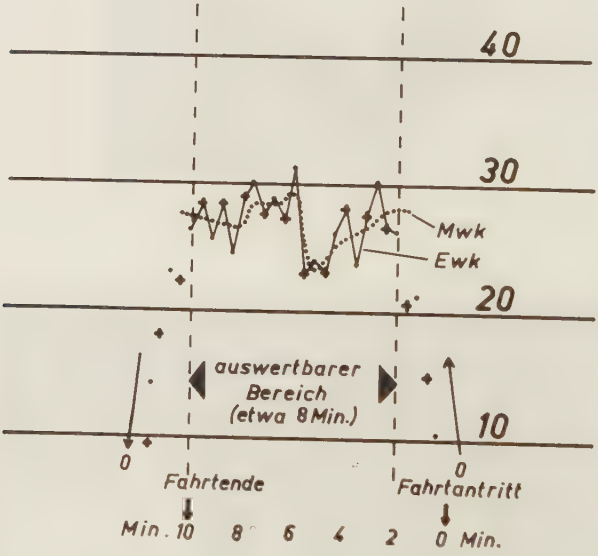


Abb. 6a

Beispiel für Aufzeichnung (Abb. 6) und Auswertung (Abb. 6a) der Effektivwertkurven von Einzelfahrten.

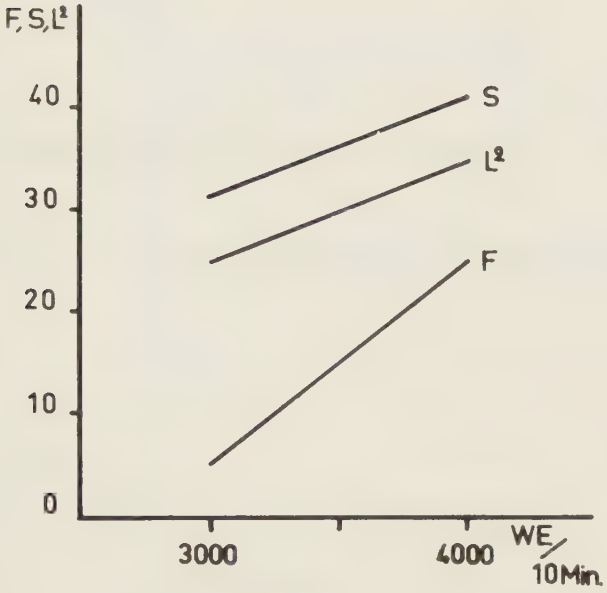


Abb. 7: Darstellung der Beziehung zwischen "Fahrgeschwindigkeit" (Abszisse) und Fahrfehlern (F),Spurabweichung (S) und Lenkbewegung (L^2) (Ordinate).

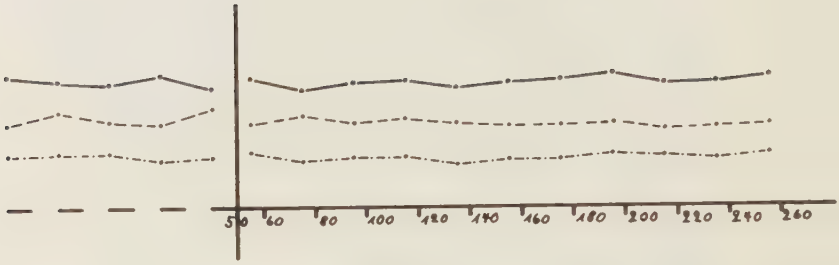


Abb. 8: Darstellung eines Nüchternversuches

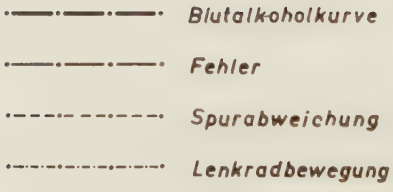


Abb. 9: Zeichenerklärung für die Abb. 8 und die Abb. 10–39

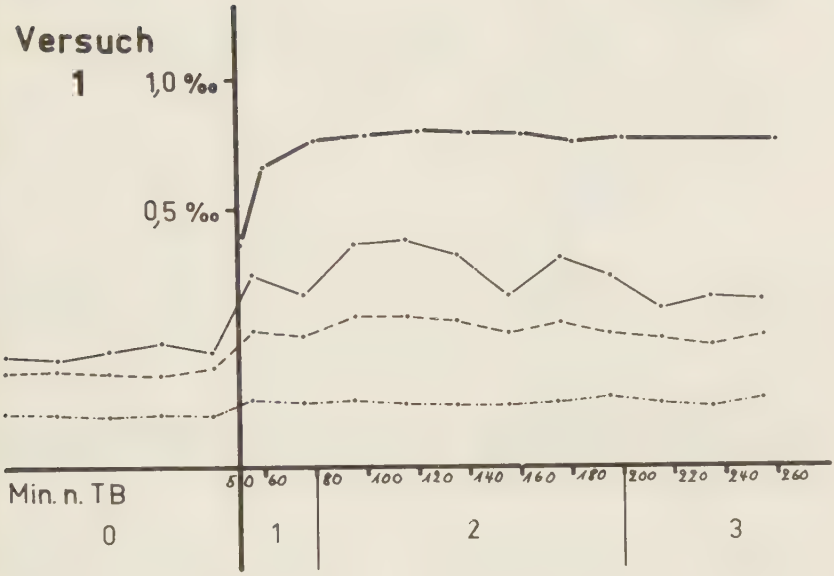


Abb. 10: 1. Hauptversuch

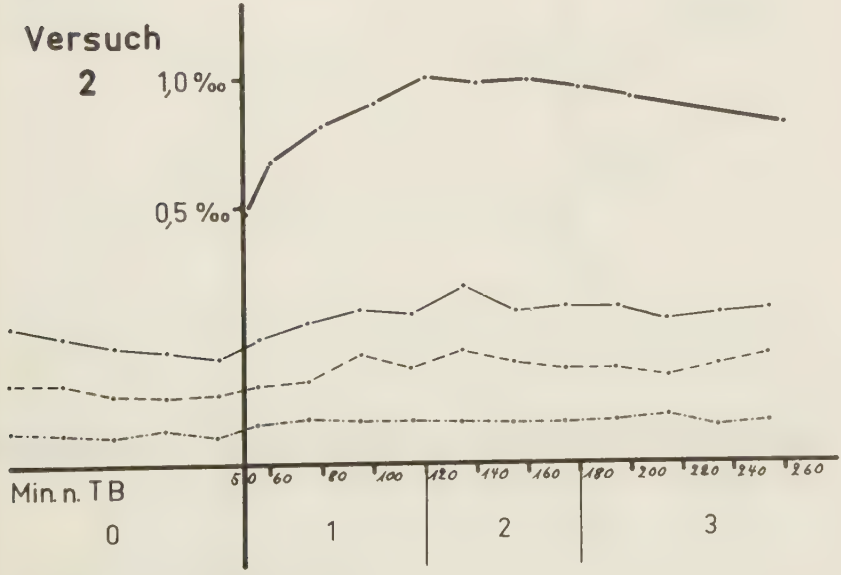


Abb. 11: 2. Hauptversuch

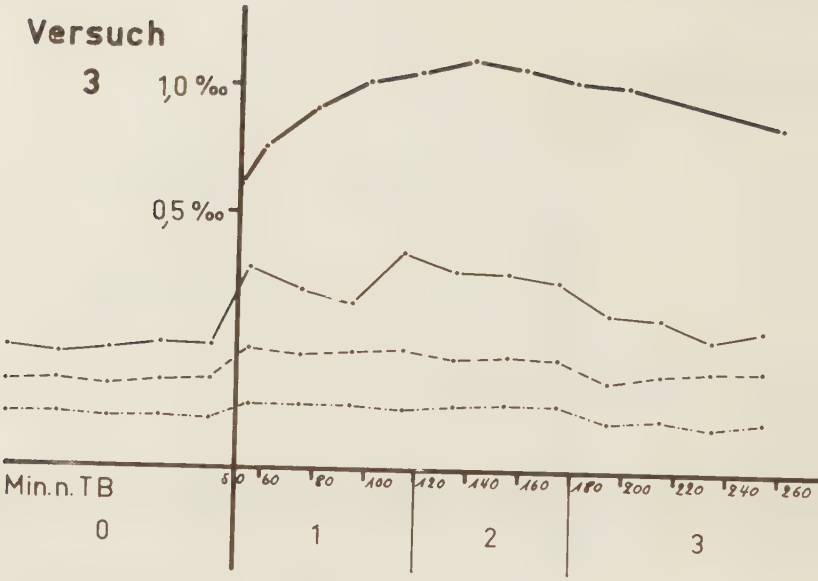


Abb. 12: 3. Hauptversuch

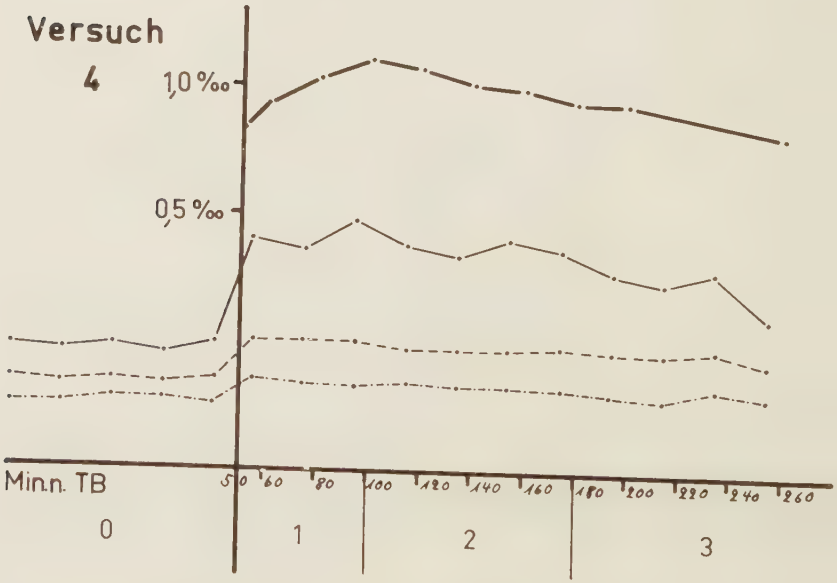


Abb. 13: 4. Hauptversuch

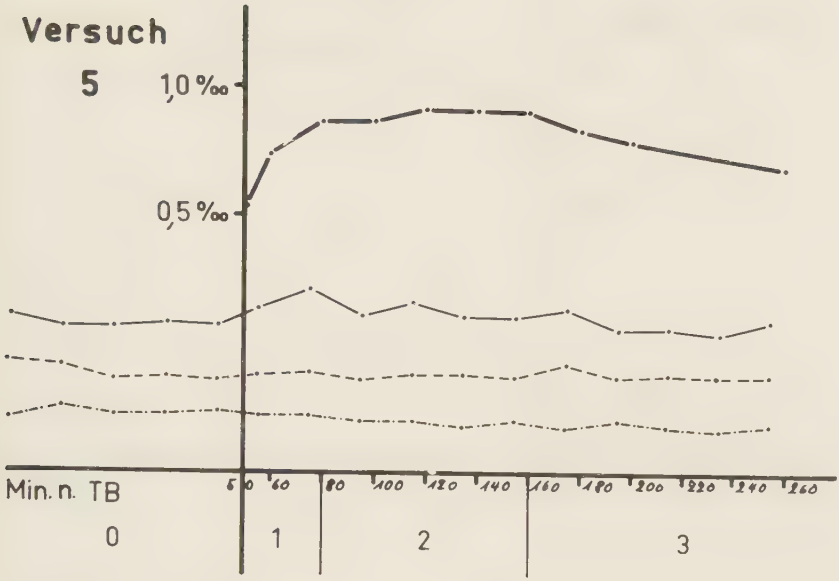


Abb. 14: 5. Hauptversuch

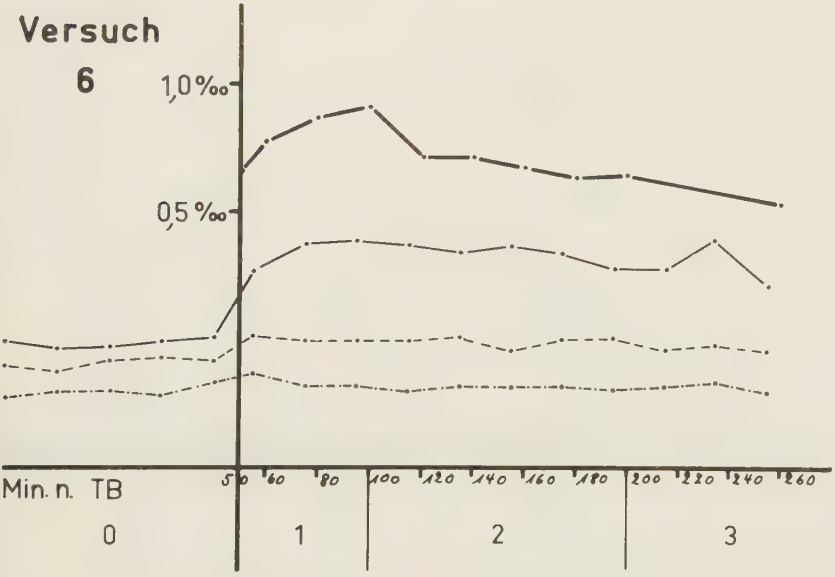


Abb. 15: 6. Hauptversuch

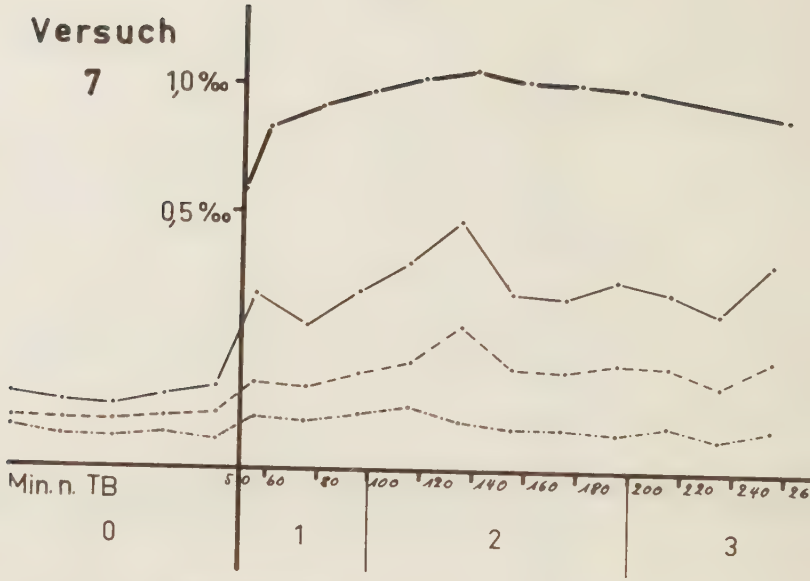


Abb. 16: 7. Hauptversuch

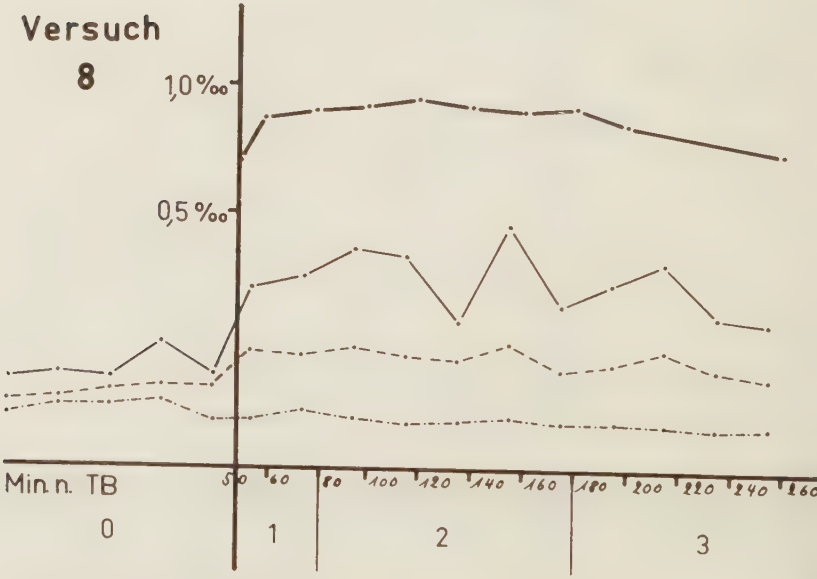


Abb. 17: 8. Hauptversuch

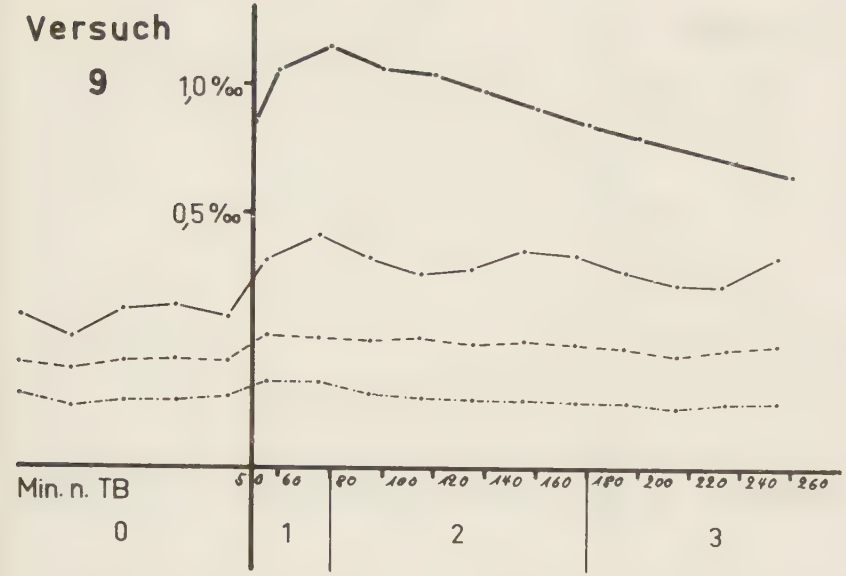


Abb. 18: 9. Hauptversuch

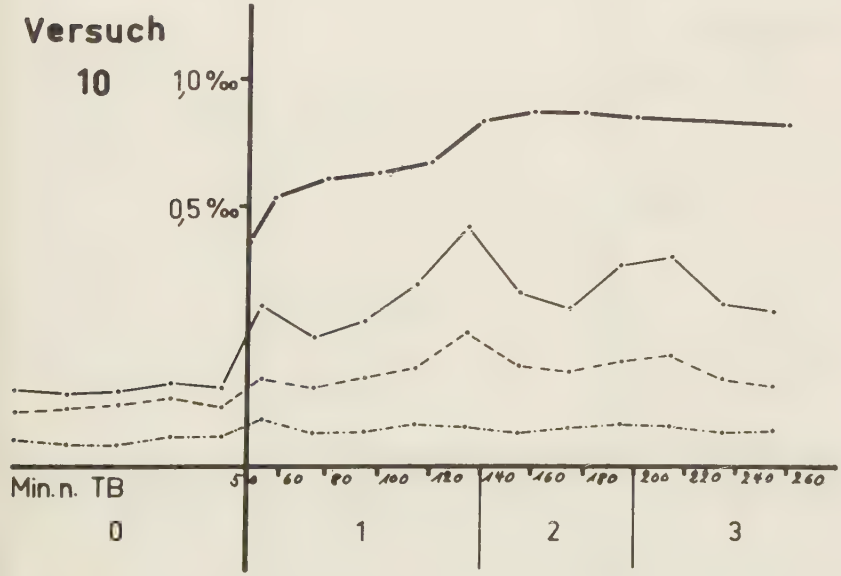


Abb. 19: 10. Hauptversuch

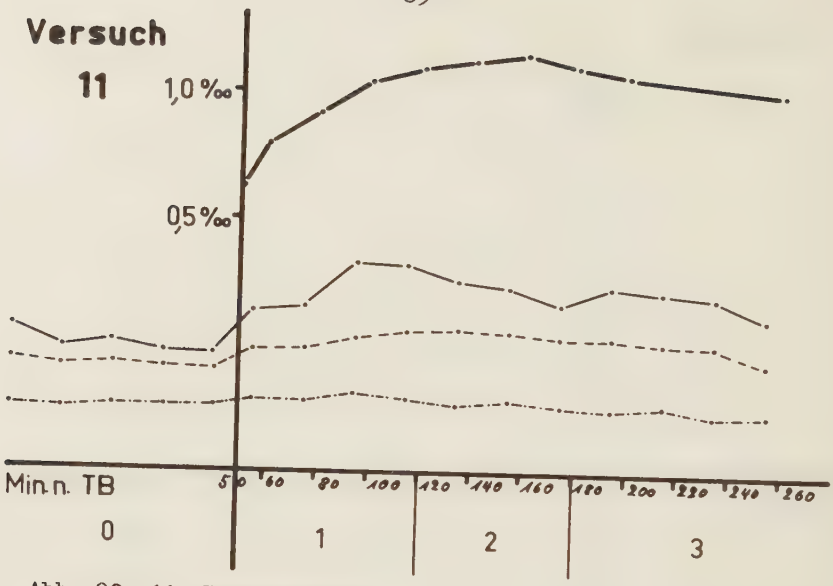


Abb. 20: 11. Hauptversuch

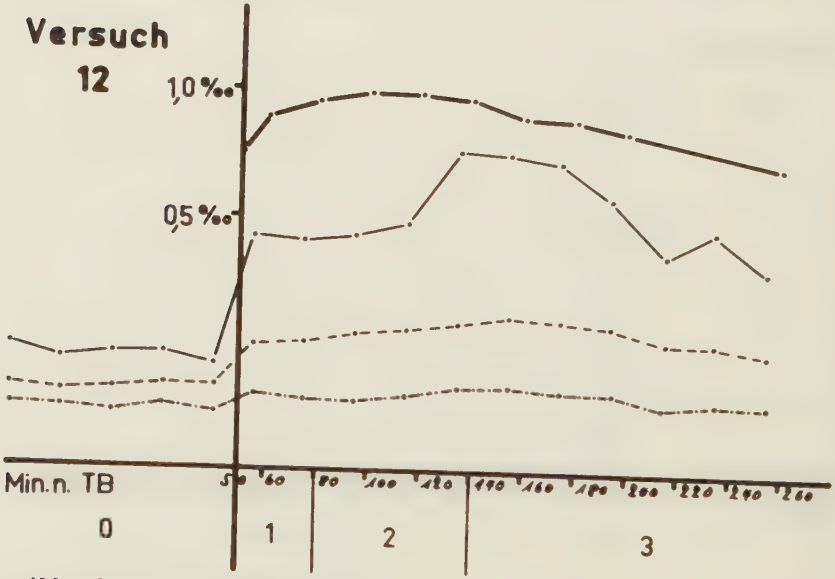


Abb. 21: 12. Hauptversuch

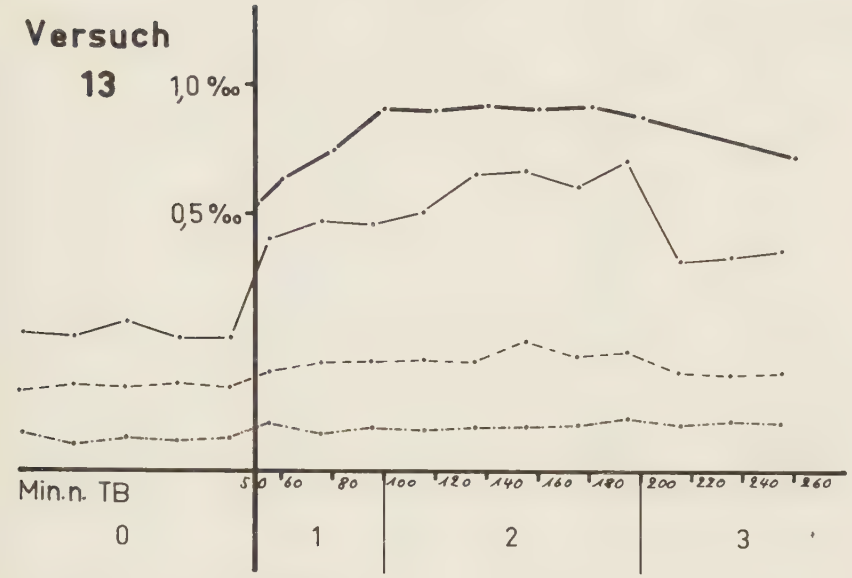


Abb. 22: 13. Hauptversuch

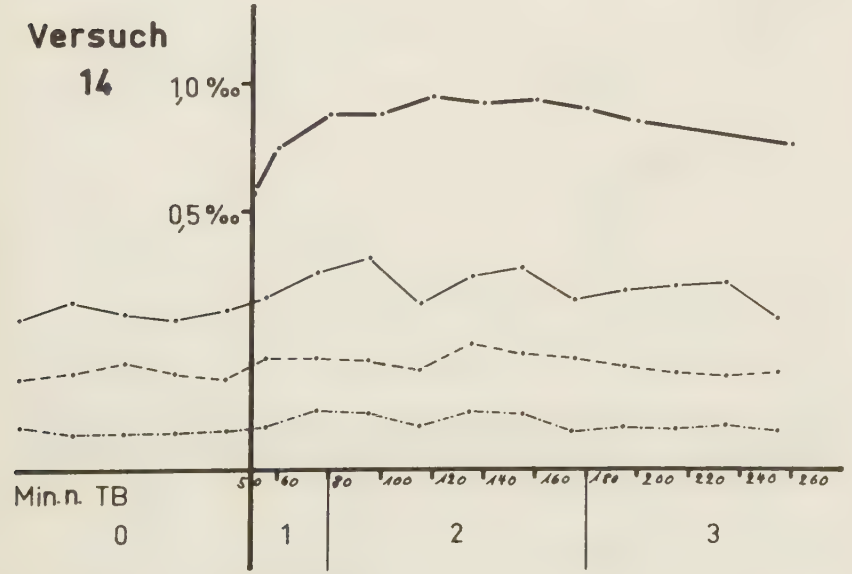


Abb. 23: 14. Hauptversuch

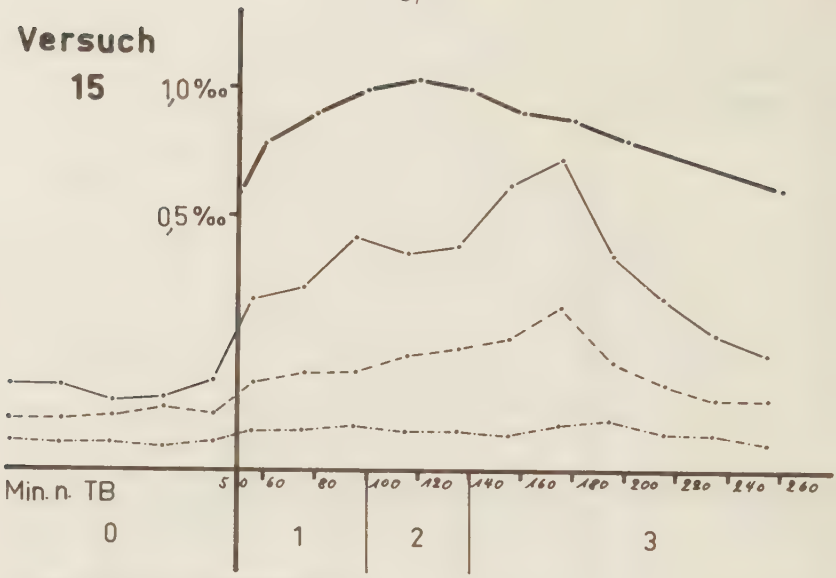


Abb. 24: 15. Hauptversuch

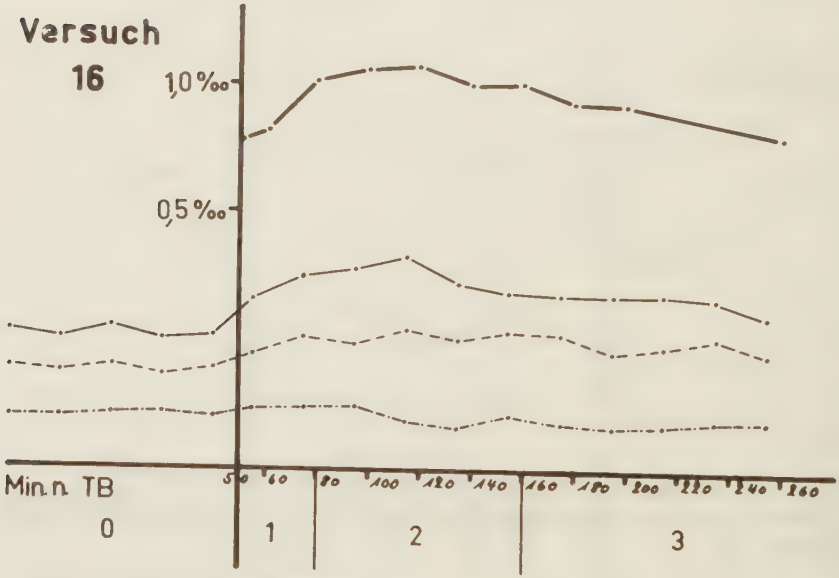


Abb. 25: 16. Hauptversuch

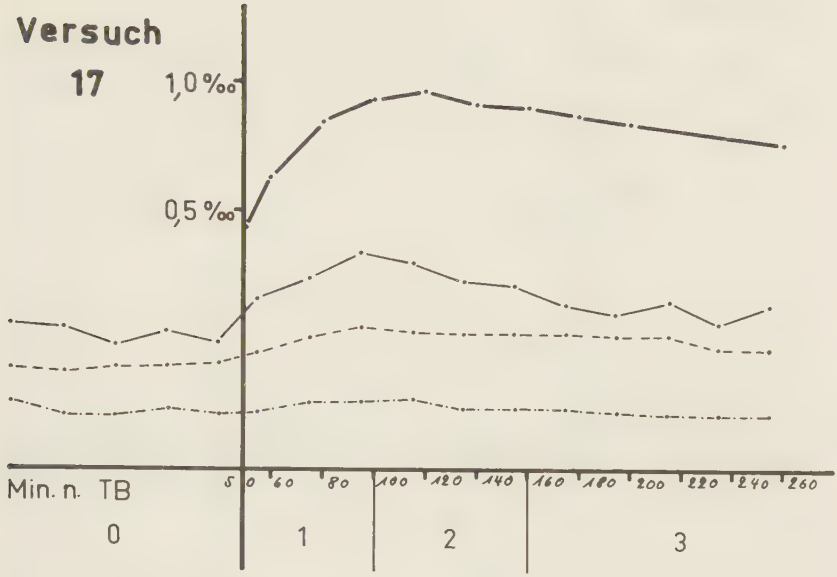


Abb. 26: 17. Hauptversuch

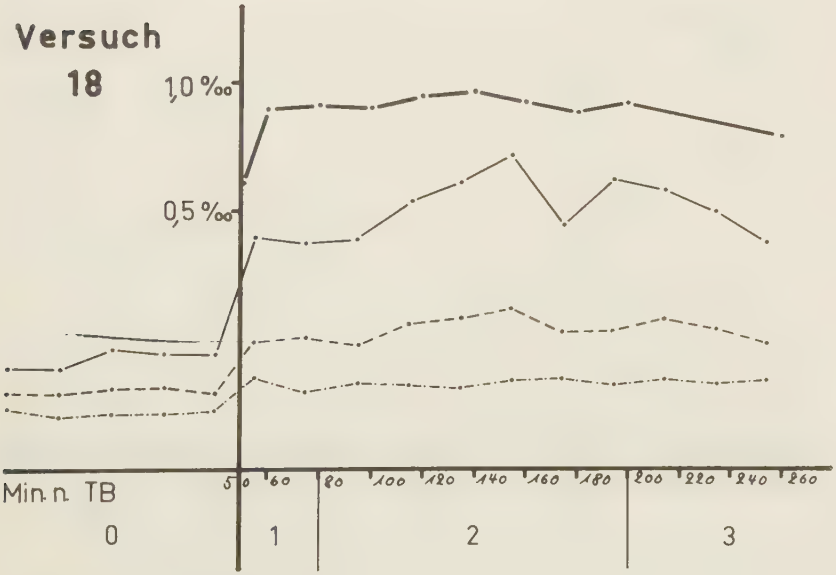


Abb. 27: 18. Hauptversuch

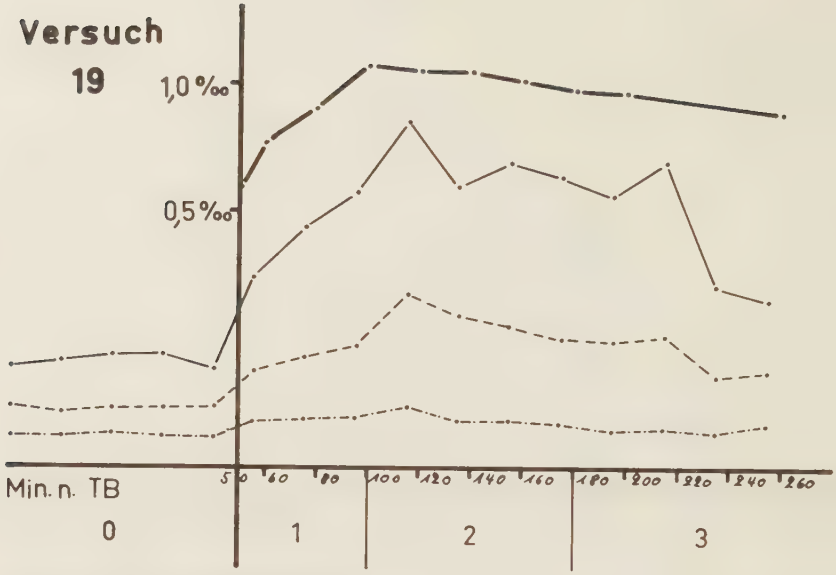


Abb. 28: 19. Hauptversuch

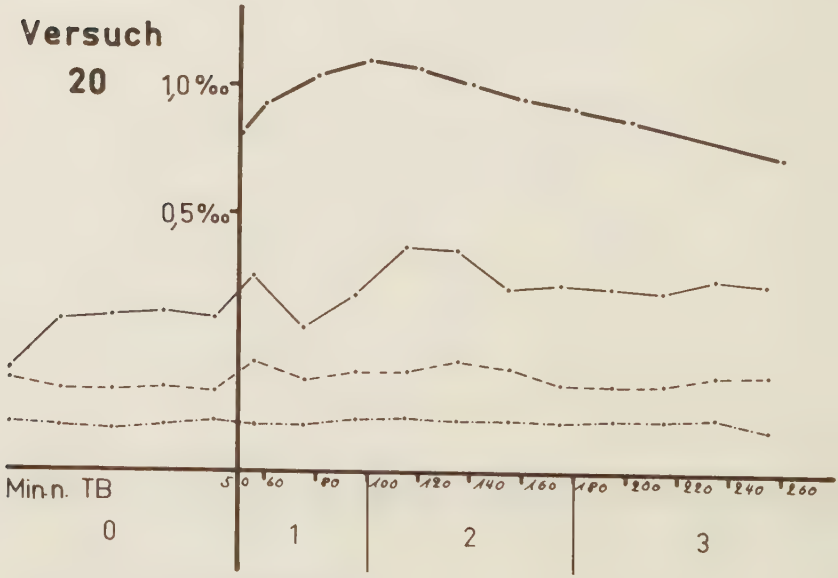


Abb. 29: 20. Hauptversuch

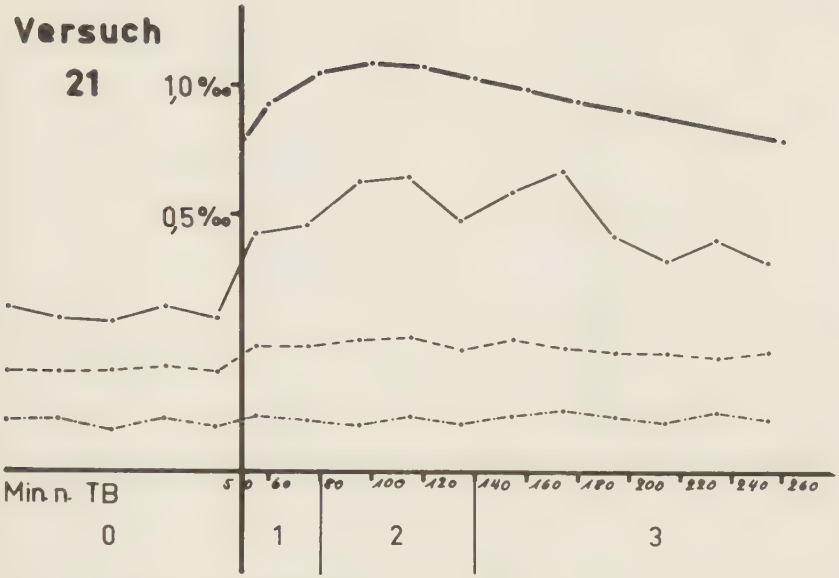


Abb. 30: 21. Hauptversuch

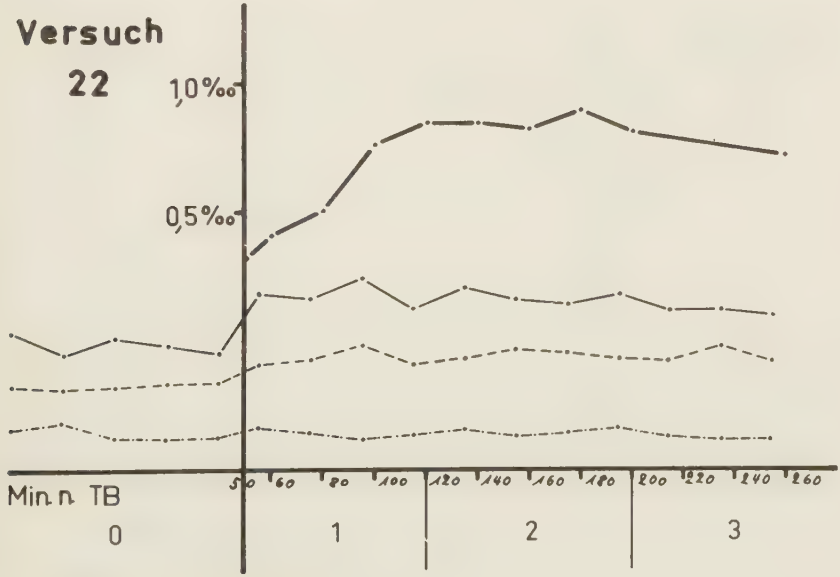


Abb. 31: 22. Hauptversuch

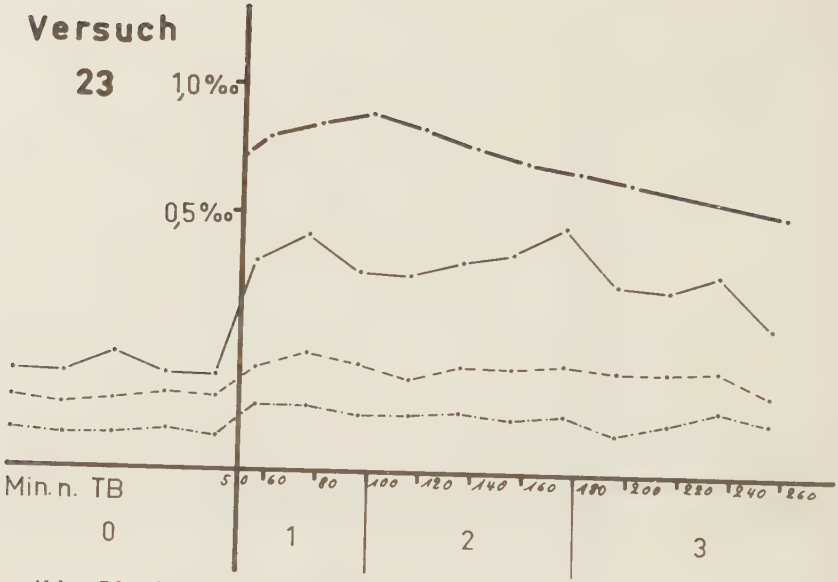


Abb. 32: 23. Hauptversuch

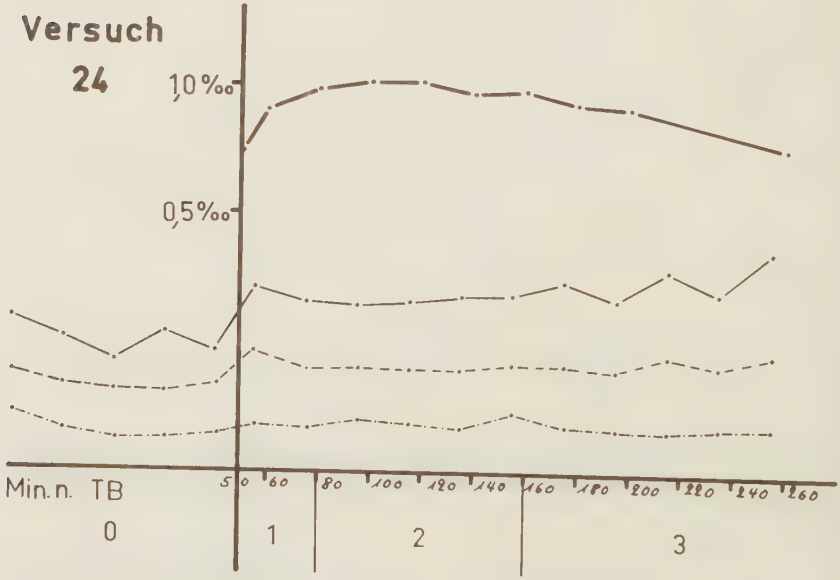


Abb. 33: 24. Hauptversuch

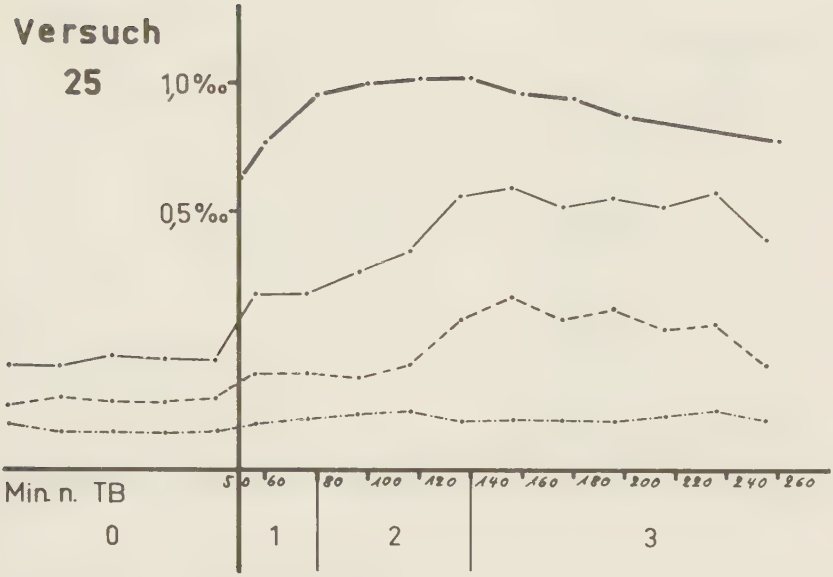


Abb. 34: 25. Hauptversuch

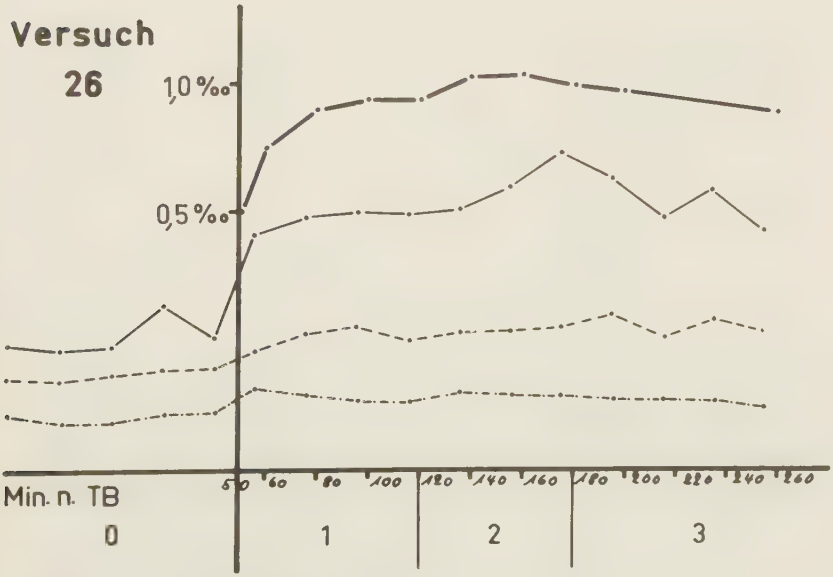


Abb. 35: 26. Hauptversuch

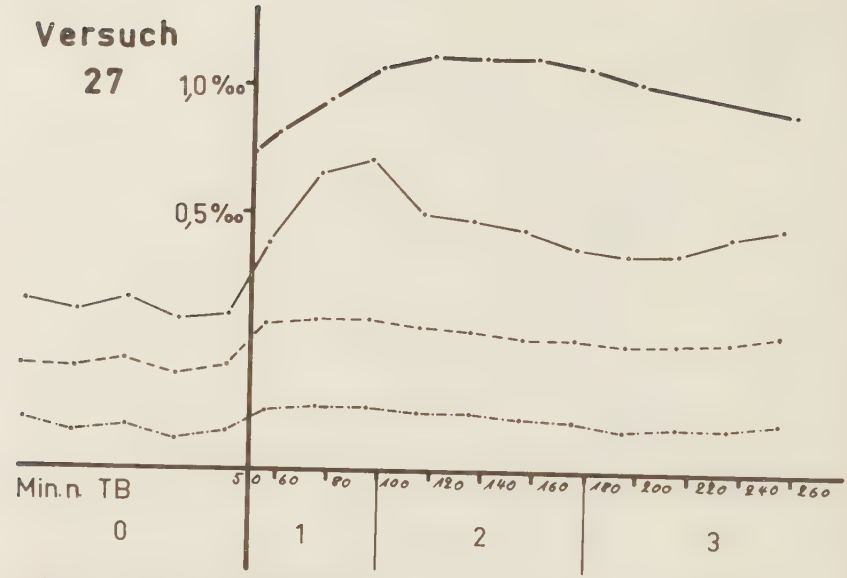


Abb. 36: 27. Hauptversuch

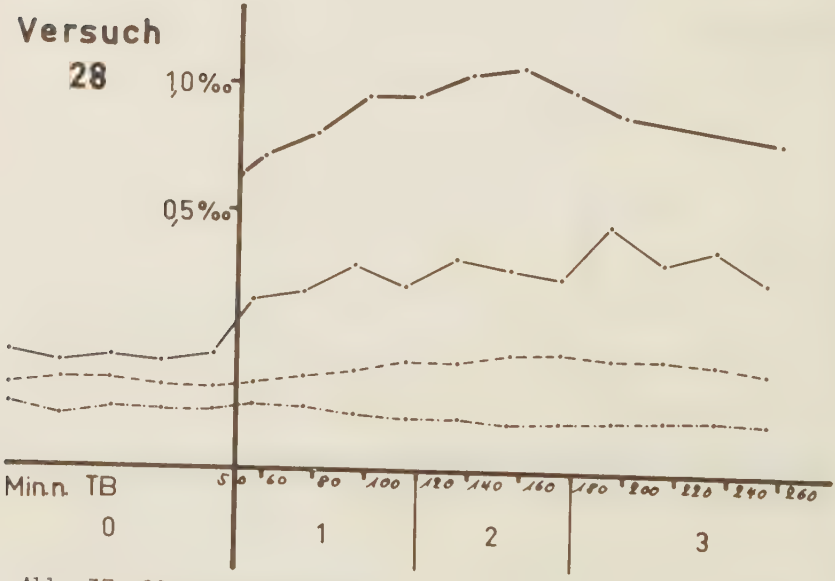


Abb. 37: 28. Hauptversuch

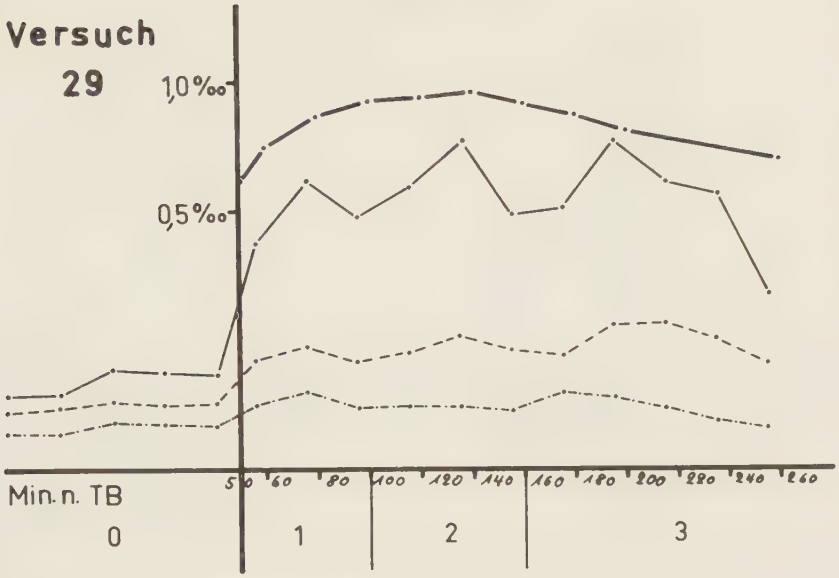


Abb. 38: 29. Hauptversuch

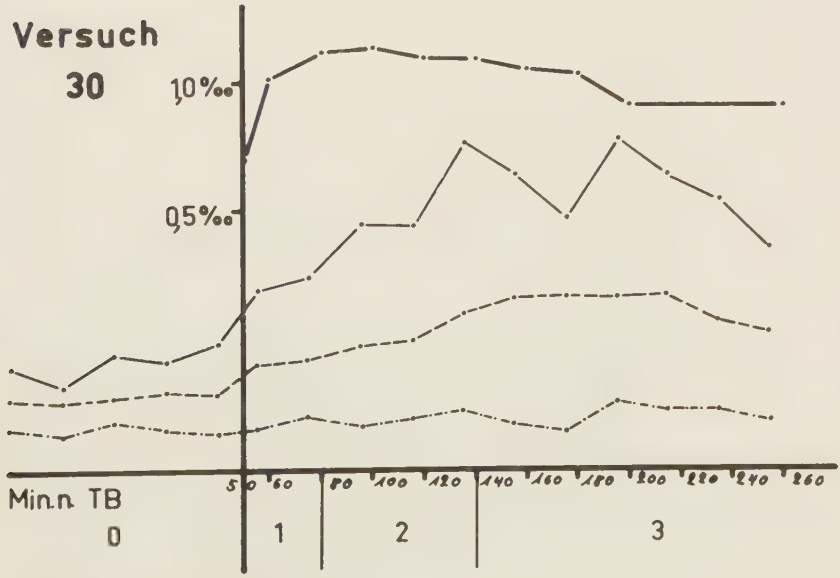
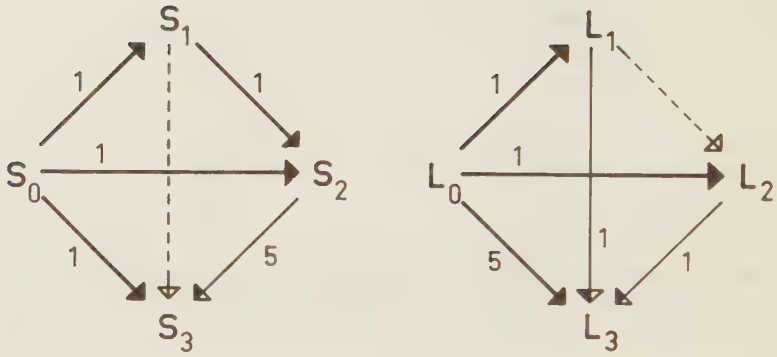


Abb. 39: 30. Hauptversuch



a) b)

signifikante Zunahme

signifikante Abnahme

keine signifikante Zu- oder Abnahme

Abb. 40: Vergleich der verschiedenen Hauptversuchsabschnitte für Spurabweichung (a) und Lenkbewegung (b). (Auswertung nach dem Zeichentest)

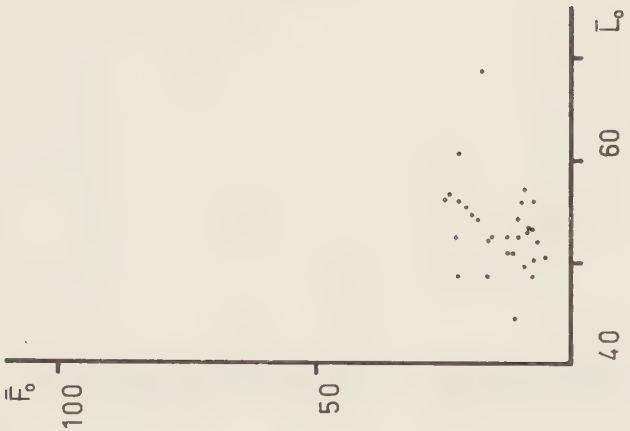


Abb. 41a

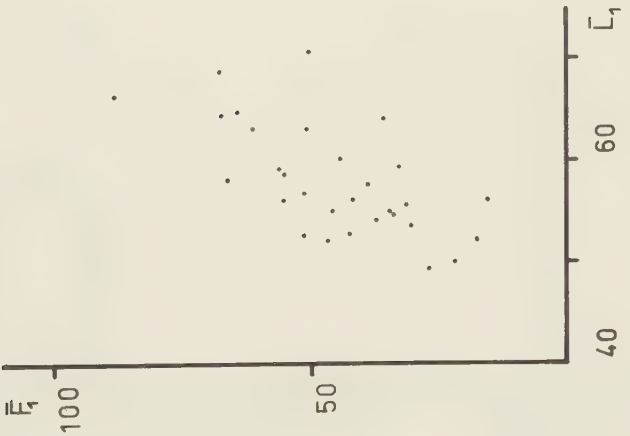


Abb. 41b

Abb. 41a,b,c,d : Darstellung der Beziehung zwischen Lenkbewegung und Fahrfehlerzahl in den einzelnen Hauptversuchsabschnitten.

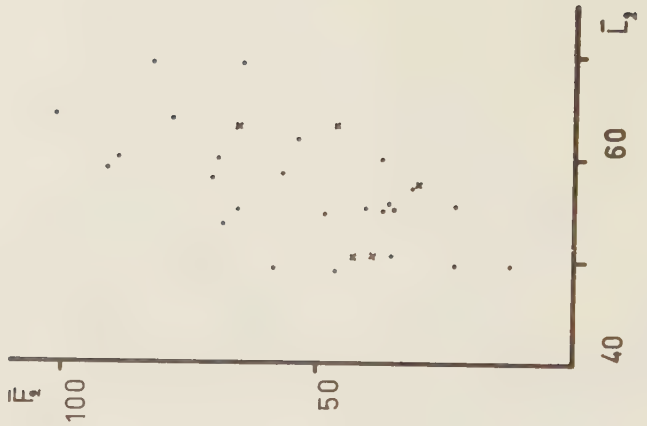


Abb. 41c

Abb. 41d

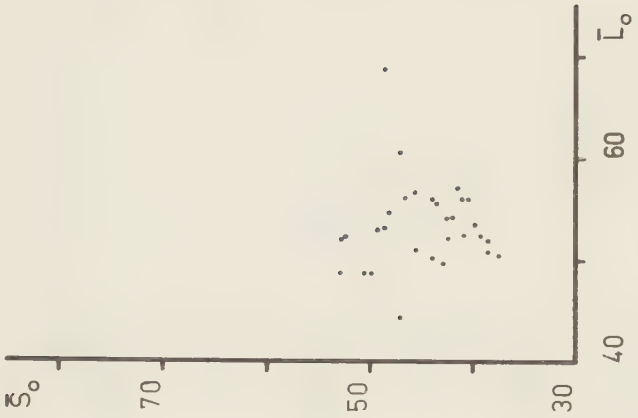


Abb. 42a

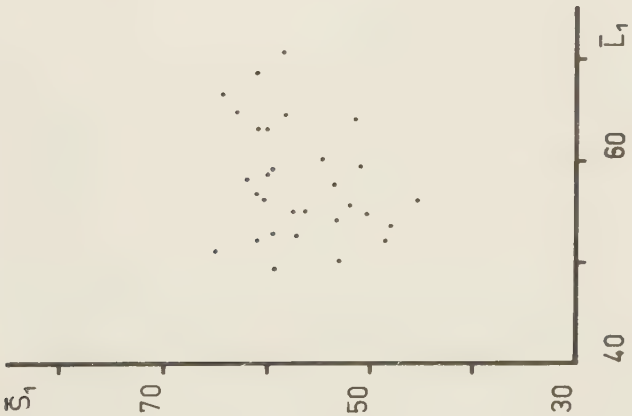


Abb. 42b

Abb. 42a,b,c,d : Darstellung der Beziehung zwischen Lenkbewegung und Spurabweichung in den einzelnen Hauptversuchsabschnitten.

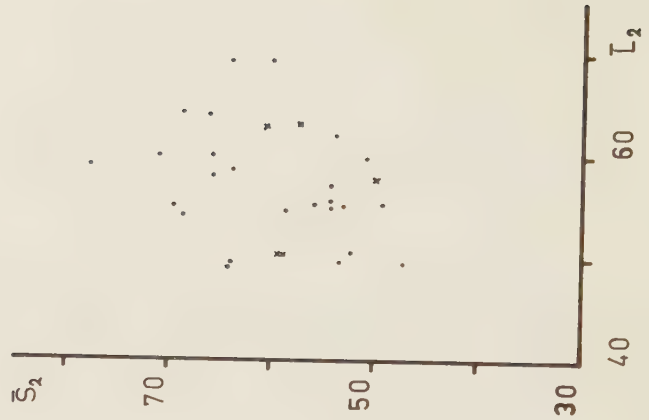


Abb. 42c

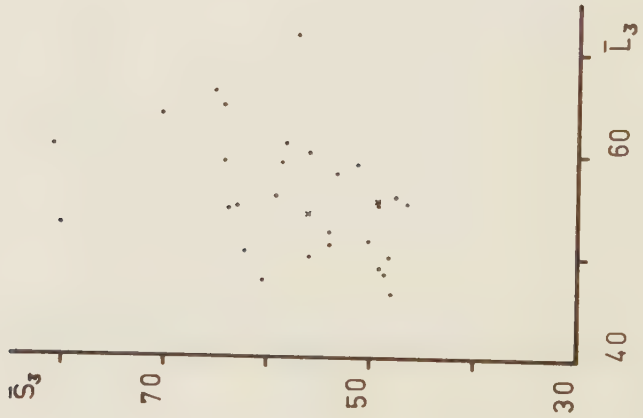


Abb. 42d

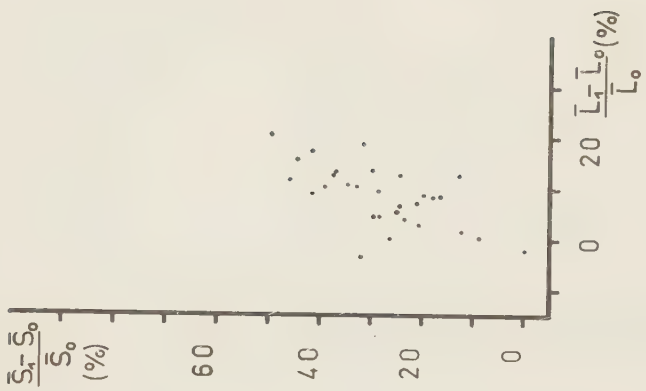


Abb. 43b

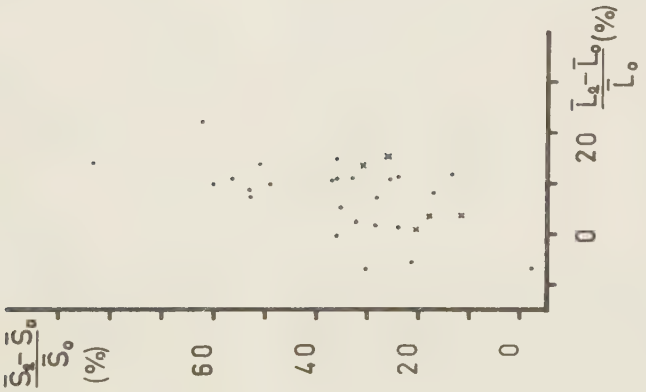


Abb. 43c

Abb. 43b,c,d : Darstellung der Beziehung zwischen den prozentualen Steigerungen von Lenkbewegung und Spurabweichung in den einzelnen Hauptversuchsabschnitten.

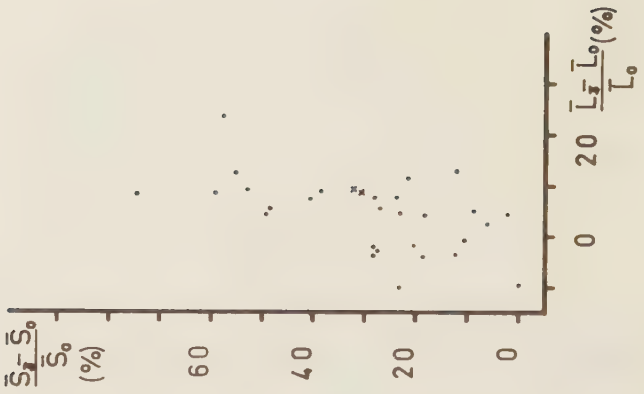


Abb. 43d

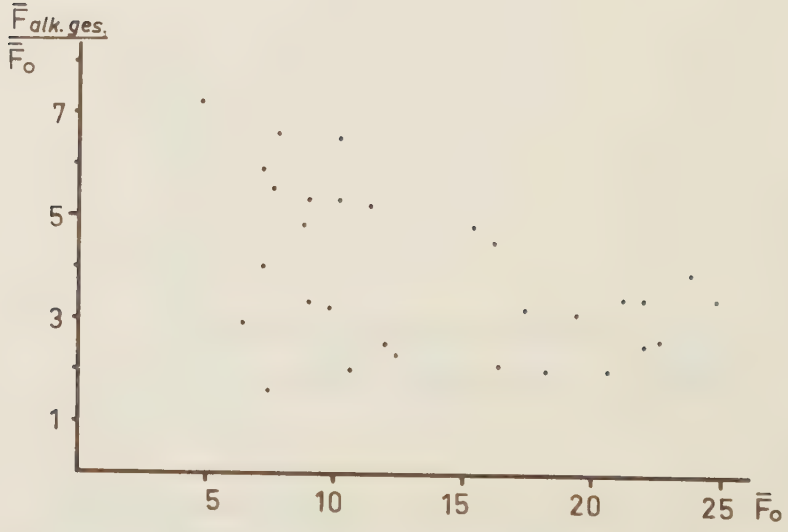


Abb. 44: Darstellung der Beziehung zwischen Nüchternfahrfehlerzahlen und Fahrfehlerquotienten.

Literaturverzeichnis

1) A b e l e , G. : Die Lenkradbewegung des Kraftwagenfahrers unter Alkoholeinfluß. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 48,58-67,(1958)

2) A b e l e , G. : Die Geschwindigkeitsleistung des Kraftfahrers unter Alkoholeinfluß. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 47,447-461,(1958)

3) A b e l e , G. : Die Gleichmäßigkeitsleistung des Kraftfahrers unter Alkoholeinfluß. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 47,462-471,(1958)

4) A b e l e , G. : Fahrfehler des Kraftwagenlenkers unter Alkoholeinfluß. Zbl. für Verkehrsmedizin 2,34-36,(1959)

5) A l h a , A. : Der klinische Rauschzustand während des steigenden und fallenden Blutalkohols. Das ärztl. Laboratorium 2,9-15,(1956)

6) B j e r v e r , K. Goldberg,L. : Effect of Alcohol Ingestion on driving Ability. Quart. J. Stud. Alc. 11,1-3,(1950)

7) B l e u l e r , E. : Lehrbuch der Psychiatrie, Berlin 1937

8) B o h n e , G. Luff,K. Trautmann,H. : Experimentelle Untersuchungen über die Kompensationsmöglichkeit alkoholbedingter Störungen der Aufmerksamkeit und Motorik. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 46,226-234,(1957)

9) Borkenstein,R.F. Crowther,R.F. Shumate,R.P. Ziel,W.B. Zylman,R. : The Role of the Drinking Driver in Traffic Accidents. Indiana University (1964)

10) B s c h o r , F. : Studien über den Ablauf der Alkoholintoxikation unter besonderer Berücksichtigung der pharmakopsychologischen Beziehung in der Resorptionsphase bei Alkoholgewöhnten. Dscht. Z. ges. gerichtl. Med. 40,399-420,(1951)

11) B s c h o r , F. : Beobachtungen über ein funktionales Prinzip bei der psychomotorischen Leistungsminderung in den verschiedenen Phasen der akuten Alkoholintoxikation. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 41,273-276,(1952)

12) Bundesgesundheitsamt : Gutachten zur Frage "Alkohol bei Verkehrsstraftaten". Kirschbaum-Verlag,Bad Godesberg (1966)

13) Cohen,J.
Dearnaley,E.J.
Hansel,C.E.M. : The Risk taken in Driving under the Infuence of Alcohol. Brit. Med. J. 1438-1442,(1958)

14) Coldwell,B.B.
Penner,D.W.
Smith,H.W.
Lucas,G.H.
Rogers,R.F.
Darroch,F. : Effect of Ingestion of distilled Spirits on Automobile Driving Skill. Quart. J. Stud. Alc. 19,590-616,(1958)

15) Documenta Geigy : Wissenschaftliche Tabellen. S. 162: Zeichentest S. 193: Wilcoxon-Test 7. Auflage 1969

16) D a n g e r , W. : Experimentelle Studien zur Frage der Beziehung zwischen Blutalkoholgehalt und Alkoholwirkung. I.-Diss.,Göttingen 1938

17) D r e w , G.C.
Colquhoun,W.P.
Long,H.A. : Effect of small doses of alcohol on a skill resembling driver. Brit. Med. J. 993-999,(1958)

18) Eggleton,M.G. : The Effect of Alcohol on the central nervous System. Brit. J. Psychol. 32,52-61,(1941-1943)

19) E l b e l , H.
Paulus,W.
Prokop,O.
Schleyer,F.
: Alkoholtoleranzversuche bei Kraftfahrern.
Der öffentl. Gesundheitsdienst 14,433-438,(1952/53)

20) E l b e l , H.
: Blutalkohol.
Thieme-Verlag,Stuttgart 1956

21) E l b e l , H.
: Neue Ergebnisse der Blutalkoholforschung.
Beihefte Mschr. Unfallheilk. 66,74-83,(1961)

22) E l b e l , H.
: Blutalkoholkonzentration und Alkoholwirkung.
Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 28,64-75,1937

23) E l b e l , H.
: Ciba Symposium. 7,242,(1960)

24) Freudenberg,K.
: im Gutachten des Bundesgesundheitsamtes (1966)

25) G e r c h o w , J.
: Statistische und experimentelle Untersuchungen zur Frage einer unterschiedlichen Bewertung bei steigender und fallender Blutalkoholkonzentration.
Beihefte Mschr. Unfallheilk. 66,90-95,(1961)

26) G e r c h o w , J.
Wittlich,B.
: Experimentelle und statistische Untersuchungen über alkoholbedingte Persönlichkeitsveränderungen in der postresorptiven Phase.
Bund für alkoholfreien Verkehr e. V. (1960)

27) G e r c h o w , J.
: Alkohol und Verkehrstüchtigkeit.
In: Hdb. der Verkehrsmedizin, Hrsg.: K. Wagner u. H.-J. Wagner, Springer-Verlag, Heidelberg 1968

28) G e r c h o w , J.
Sachs,V.
: Die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Alkoholkonzentration, Zeit und klinisch feststellbarer Trunkenheit.
Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 46,226-234,(1957)

29) G o l d b e r g , L.
: Quantitative Studies on Alcohol Tolerance in Man.
Acta Physiol. Scand. 5 Suppl. 16,1,(1943)

30) G r a f , O. : Die psychologische und physiologische Wirkung verschieden konzentrierter alkoholischer Getränke, insbesondere schwacher Konzentrationen. Forsch. z. Alkoholfr. 90-103,(1935)

31) G r a f , O. : Neue Anschauungen über Alkohol und Arbeitsleistung. Forsch. z. Alkoholfr. 131-142,(1937)

32) G r a f , O. : Über die Wirkung verschiedener alkoholischer Getränke auf einfache Arbeitsleistungen. Intern. Z. Alkoholismus 36,129-149,(1928)

33) G r a f , O. : Zur Frage der Wirkung verschiedener alkoholischer Getränke. Z. ges. Neurol. u. Psych. 130,187-218,(1930)

34) G r a f , O. : Eine Methode zur Untersuchung der pharmakologischen Beeinflussung von Koordinatiosleistungen. Arbeitsphysiol. 12,499-468,(1943)

35) G r a f , O. : Über den Zusammenhang zwischen Alkoholblutkonzentration und psychischer Alkoholwirkung. Arbeitsphysiol. 6,168-213,(1933)

36) G r ü n e r , O. Ptasnik,H. : Zur Frage der Beeinflussung alkoholbedingten Leistungsabfalls durch Laevulosegaben. Münch. Med. Wschr. 95,931-933,(1953)

37) G r ü n e r , O. : Alkohol und Aufmerksamkeit. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 44,187-195,(1955)

38) H a g g a r d , H.W. : Zit. nach Bschor,F.

39) H e i s e , H.A. : Alcohol and Automobile Accidents. JAMA, 103,739-741,(1934)

40) H e m p e l , W. : Trunkenheitssymptome in ihrer Abhängigkeit von der resorptiven und postresorptiven Phase. Med.-Diss. Kiel 1958

41) H o f f m a n n , P. : Beeinflussung des optokinetischen Nystagmus durch Alkohol in der Resorptions- und Eliminationsphase unter Berücksichtigung verschiedener Reizmusterdichten.
Med. Diss. Berlin 1970

42) H o l c o m b , R.L. : Alcohol in Relation to Traffic Accidents.
JAMA, 111,1076-1085,(1938)

43) H u b e r , O. : Untersuchungen über die Veränderung der Fahrtüchtigkeit von Kraftfahrern nach mäßigem Alkoholgenuß.
Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 44,559-577,(1955)

44) Lehnhardt, H. : Klimaeinflüsse auf den Fahrer.
Kfz-Institut Veröffentlichung Nr. 58, Nov. 1968

45) Lehnhardt, H. : Einfluß von Umweltgrößen auf die Leistungsfähigkeit des Fahrzeuglenkers.
Kfz-Institut Veröffentlichung Nr. 49, Juli 1968

46) L o o m i s , T.A. West,T.C. : The Influence of Alcohol on Automobile Driving Ability.
Quart. J. Stud. Alc. 19,30-46,(1958)

47) M e l l a n b y , E. : Alcohol - its absorption into and dissappearance from the blood under different conditions.
Brit. Med. Res. Counc. Spec. Rep. (1919) Ser. 31

48) M i l e s , W. : Alcohol and human efficiency.
Carnegie Institution of Washington.1924,Publication No. 333

49) Müller-Limmroth, W. : Ermüdung und Versagen vom physiologischen Standpunkt.
Hefte z. Unfallheilk. 102,216-231,(1970)

50) N e w m a n , W.H. Abramson,M. : Some factors influencing the intoxicating effect of alcoholic beverages.
Quart. J. Stud. Alc. 3,351-370,(1942)

51) N e w m a n , H.W.
Fletcher,E.
Abramson,M. : Alcohol and Driving.
Quart. J. Stud. Alc.
3,15-30,(1942)

52) N e w m a n , H.W.
Fletcher,E. : The Effect of Alcohol on
Driving Skill.
JAMA,115,1600-1602,(1940)

53) R a u s c h k e , J. : Leistungsprüfung bei an- und
abfallendem Blutalkoholgehalt
unter besonderen Bedingungen.
Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.
43,27-37,(1954)

54) R a u s c h k e , J. : Über die akuten Hirnleistungs-
schäden durch Alkohol unter
besonderer Berücksichtigung
der individuellen Alkoholtole-
ranzschwelle,und ihrer experi-
mentellen Nachweisbarkeit.
Z. ärztl. Fortbild.
53,639-643,(1959)

55) S c h e l b , H. : Experimentelle Untersuchungen
über die Wirkung protrahierter
Alkoholaufnahme auf die Leistungs
fähigkeit und über die "er-
nüchternde" Wirkung von Kaffee.
I.-Diss. Göttingen 1939

56) S m i t h , H.W. : Alcohol and Road Traffic.
Toronto 1955
zit. n. Freudenberg,K.
Elbel,H.
Vamosi,M.

57) S t a r k , H.J. : Untersuchungen über die Ver-
kehrssicherheit alkoholgewohn-
ter Kraftfahrer bei Blutalkohol-
werten um 1,5 g%.
Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.
42,155-161,(1953)

58) S t r a u b , W. : Psychische Alkoholwirkung und
Blutalkoholgehalt.
Forsch. u. Fortschr.
400-401,(1938)

59) T u o v i n e n , P. : Acta Soc. Med. Fenn. Nr. 21,
(1939) zit. n. Ref.:
Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.
34,47,(1941)

60) V a m o s i , M. : Ergebnisse von Blutalkoholbestimmungen bei Kraftfahrern. Z. f. ärztl. Fortb. 53,635-639,(1959)

61) V e r n o n , H.M. : Alcohol and Motoraccidents. Brit. Med. J.,188-189,(1937)

62) V o g e l , M. : Low blood alcohol concentrations and psychological adjustment as factors in psychomotor performance. Quart. J. Stud. Alc. 19,573-589,(1958)

Herrn Prof. Dr. Walter Krauland danke ich für die Anregung und freundliche Betreuung dieser Arbeit, Herrn Prof. Dr. Ernst Piala für die Überlassung des Fahrsimulators und die technische Beratung, Herrn Prof. Dr. Dr. Günter Fuchs für die wertvollen Ratschläge zur statistischen Auswertung.

Lebenslauf

Am 18.1.1944 wurde ich, Manfred Heppner, als Sohn des Beamten Franz Heppner und seiner Ehefrau Maria, geb. Glanz, in Kattowitz geboren.

Nach einem knapp zweijährigen, fluchtbedingten Aufenthalt in Österreich erfolgte im Herbst des Jahres 1947 die Übersiedlung nach Berlin.

Von 1950 bis 1956 besuchte ich die Grundschule in Berlin.Das Abitur bestand ich im Jahre 1963 am Sophie Scholl Gymnasium, Berlin-Schöneberg.

Nach jeweils einem Semester Volkswirtschaft (SS 1963, FU-Berlin) und Chemie (WS 1963/64,TU-Berlin) studierte ich vom Sommersemester 1964 an Medizin an der Freien Universität Berlin.Hier bestand ich im Frühjahr 1965 die naturwissenschaftliche Vorprüfung,im Herbst 1966 die ärztliche Vorprüfung und im Frühjahr 1970 die ärztliche Prüfung.Zur Zeit arbeite ich als Medizinalassistent im Städt. Krankenhaus Neukölln.